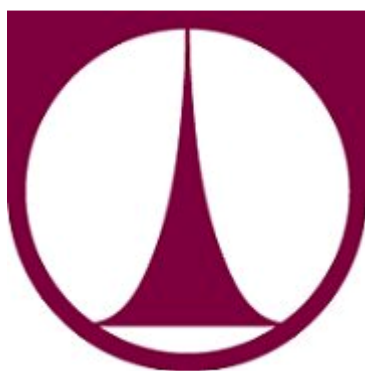


TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA STROJNÍ
Katedra vozidel a motorů



**NAVRŽENÍ MĚŘÍCÍCH POSTUPŮ PRO SYSTÉM ISO
KÓTOVÁNÍ**

**DRAUGHT OF MEASURING PROCESSES FOR
DIMENSIONING ISO SYSTEM**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Lukáš Procházka

Leden 2013

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA STROJNÍ
Katedra vozidel a motorů



Obor: B2341 Strojírenství
Zaměření: 2302R022 stroje a zařízení
dopravní stroje a zařízení

**NAVRŽENÍ MĚŘÍCÍCH POSTUPŮ PRO SYSTÉM ISO
KÓTOVÁNÍ**

**DRAUGHT OF MEASURING PROCESSES FOR
DIMENSIONING ISO SYSTEM**

Bakalářská práce

KVM – BP – 270

Lukáš Procházka

Vedoucí bakalářské práce: doc. Dr. Ing. Pavel Němeček

Konzultant bakalářské práce: Ing. Petr Kačena – Continental Automotive Czech Republic s.r.o.

Počet stran: 40

Počet obrázků: 37

Počet příloh: 0

Počet výkresů: 6

Leden 2013

Navržení měřicích postupů pro systém ISO kótování

Anotace:

V této bakalářské práci jsou porovnávány měřicí postupy ve společnosti Continental v Jičíně z hlediska časové úspory a neoptimálnějšího postupu měření. K neoptimálnějšímu měřicímu postupu je využito hlavně strojů Werth Video-Check a Wert Scope-Check. Měřicí postupy jsou zaměřeny na kótování dle normy ISO.

Klíčová slova:

ISO kótování

Multisenzorová souřadnicová měřicí technika

Měřicí postupy

Draught of measuring processes for dimensioning ISO system

Annotation:

This Bachelor thesis compares measuring processes at Continental company in Jičín. It deals with time saving and optimal way of measuring. Machines Werth Video-Check and Werth Scope-Check are used for optimal measuring process. The measuring processes are focused on dimensioning according to ISO norm.

Key words:

ISO dimensioning

Multisensor coordinate measuring technology

Measurement procedures

Desetinné třídění:

Zpracovatel:

TU v Liberci, Fakulta strojní, Katedra vozidel a motorů

Dokončeno:

2013

Archivní označení zprávy:

Prohlášení k využívání výsledků bakalářské práce

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. O právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom(a) povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovanou úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

V dne

.....
podpis

Poděkování

V první řadě bych rád poděkoval panu Doc. Dr. Ing. Pavlu Němečkovi a panu Ing. Petru Kačenovi za cenné rady a připomínky týkající se obsahu a zpracování bakalářské práce.

Dále bych rád poděkoval jmenovitě pánům Marku Benešovi, Davidu Hubalovskému, Zdeňku Janků, Jiřímu Jirčíkovi a Janu Švihelovi za odborné rady při měření a pomoc se stroji Werth. Také děkuji své rodině a přátelům za jejich podporu.

Seznam symbolů a jednotek

Werth S-Ch	stroj Werth Scope-Check [®] MB
Werth V-Ch	stroj Werth Video-Check [®] HA
I.O.	z německého in Ordnung (v pořádku)
N.I.O.	z německého nicht in Ordnung (není v pořádku)
ISO	International Organization for Standardization (mezinárodní organizace pro normalizaci)
WFP	mikrosonda Werth Fiber Probe („vláknová sonda“)
LLP	sensor Laser Line Probe
CAD	Computed Aided Design (počítačem podporované projektování)
W	důležitý rozměr (wichtig – důležitý)

Obsah

1. ÚVOD.....	10
2. TEORETICKÁ ČÁST.....	11
2.1 Historie multisenzorové souřadnicové měřicí techniky.....	11
2.2 Stroj Werth VIDEO-CHECK [®] HA, Werth SCOPE CHECK [®] MB.....	12
2.2.1 Optoelektronický senzor.....	13
2.2.2 Laserový senzor	13
2.2.3 Měřicí hlava.....	14
2.3 ISO kótování.....	15
2.4 Popis současného měření.....	16
2.5 Vlastní řešení.....	17
2.5.2 Programování komplexních postupů měření.....	18
2.5.1 Porovnávání 2D a 3D modelu s naměřenými daty	18
3. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST.....	19
3.1 Vybrané díly.....	19
3.2 Optimalizace měření vybraných dílů.....	21
3.2.1 SK Kolben (plastový).....	21
3.2.2 Dichtring.....	22
3.2.3 Sekundärdichtpaket.....	24
3.2.4 DK Kolben (hliníkový).....	26
3.2.5 Primärmanschette.....	27
3.2.6 Unterdeckel.....	29
3.2.7 Pleuel.....	31
3.2.8 Ausblasunterdeckel.....	33
3.2.9 Halter.....	34
3.2.10 Membraneinheit.....	36
4. ZÁVĚR.....	38
Seznam použité literatury.....	40

Použitá terminologie

SK Kolben – sekundární píst (Sekundärkreis = sekundární okruh)

Dichtring – těsnící kroužek

Primärmanschette – primární manžeta

Sekundärdichtpaket – sekundární těsnící sada

DK Kolben – tlačný píst (Druckkreis = tlačný okruh)

Halter – držák

Unterdeckel – spodní kryt

Pleuel – ojnice

Membraneinheit – membránová jednotka

Ausblasunterdekel – spodní výfukový kryt

Cavita – počet dutin ve formě

paralaxa – šikmý pohled

scan – podprogram pro objetí kontury dílu senzorem

Alufix – velmi přesný hliníkový set pro vytváření přípravků

1 ÚVOD

Měření a kontrola rozměru výrobků jsou ve strojírenském průmyslu velmi důležitou součástí výroby, jak z hlediska následné montáže, tak i z hlediska kvality výroby. K tomu se používají nejrůznější přístroje – kontinuální měřidla, speciální jednoúčelová měřidla a speciální víceúčelová měřidla. Jednou z neoptimálnějších možností měřících přístrojů je multisenzorová souřadnicová měřicí technika, která spojuje všechny výhody měřících přístrojů v jeden. Díky své komplexnosti a měřícím možnostem je využívána téměř všude ve výrobě, ať už se jedná o miniaturní díly, velké díly nebo součástky, které se nedají měřit mechanicky.

Cílem této bakalářské práce by měla být optimalizace a zrychlení měřících postupů u výrobků, jejichž části, důležité měřicí uzly, se často opakují a jsou důležité pro následnou montáž. K prozkoumání těchto výrobků bylo vybráno 10 vzorků, u kterých by tento postup optimalizoval měření a ušetřil čas.

2 TEORETICKÁ ČÁST

2.1 Historie multisenzorové souřadnicové měřicí techniky

Takzvané multisenzorové souřadnicové měřicí stroje jsou vybaveny jak dotykovými, tak i optoelektronickými senzory a spojují dotykové i optické měření. Prvními předchůdci bezdotykové multisenzorové měřicí techniky byl mikroskop a profilprojektor. Nástupcem mikroskopu, jenž využívá multisenzorová souřadnicová měřicí technika, je takzvaný hranový senzor (optoelektronický senzor), který v 70. letech vyvinul Dr. Siegfried Werth. Profilprojektor se dá využít pouze pro měření dvourozměrných dílců, metodou využívající procházející světlo, což je na dnešní nároky ve výrobě značně nedostatečné hlavně kvůli nízké opakovatelnosti měření a jeho subjektivitě. Nástupcem profilprojektoru je optoelektronický senzor, který získává na významu zvláště kvůli vzrůstající komplexnosti tvarů, velikosti dílců a rostoucí miniaturizaci.



Obr. 1 Profilprojektor

Dalším předchůdcem senzorů používaných v multisenzorové souřadnicové měřicí technice je konturograf, který dokáže neinvazivně snímat ve 2D a pouze v jedné ose povrch materiálu snímaného vzorku. Snímač nahradila 3D měřicí hlava. Jak už sám název napovídá, měření probíhá ve 3D a jsou k tomu využívány všechny tři osy.

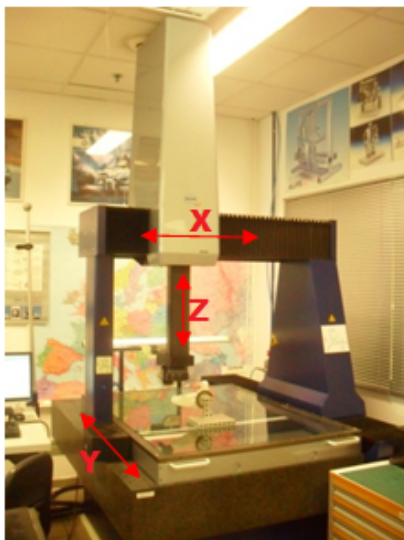
Další v řadě používaných senzorů je laserový senzor, ale u něj se o žádné historii mluvit nedá, jelikož byl vyvinut teprve nedávno.

2.2 Stroj Werth VIDEO-CHECK[®] HA, Werth SCOPE CHECK[®] MB

Stroj Werth S-Ch a Werth V-Ch patří na poli měřicí techniky mezi špičkové a precizní technologie již přes 60 let. Multisenzorový souřadnicový měřicí stroj Werth spojuje celou řadu výhod převzatých z jednoúčelových měřicích strojů. Hlavní výhodou je ta, že se ke stroji dají připojit nejrůznější senzory, jako dotykový, optoelektronický, laserový a řada dalších speciálních senzorů. Výměna senzorů se provádí přímo na přístroji zajetím a vyjetím příslušné pinoly ze zásobníku. Jednou z dalších výhod jsou naklápěcí a otočné osy (pouze u Werth S-Ch), které dovolují měření komplexních dílců na jedno upnutí. Vysoké nároky kladené na nízké nejistoty měření se snaží společnost Werth docílit například vysokou tuhostí konstrukce stroje a chybějící hysterezi v polohovacím systému. Tímto způsobem se dosahuje nejistoty měření do několika mikrometrů.

Společnost Werth se snaží držet na špičce světové měřicí techniky. Dociluje tím množstvím inovací a vylepšeními ve snímacích senzorech. Jako základní vybavení u těchto strojů je senzor pro zpracování obrazu se zoom optikou, k tomu přichází základní druhy osvětlení, nasvícení světlých a tmavých polí. Další volitelnou možností senzoru je dotyková měřicí hlava, která je k dostání v několika rozměrových variacích, nebo laserový senzor a WFP sonda.

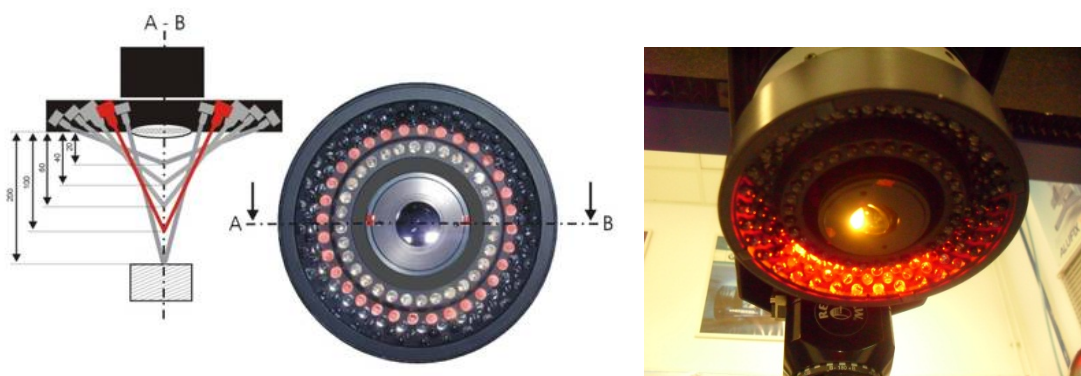
Pro zpracování veškerých souřadnic a informací ze senzorů je ke strojům Werth dodáván vysoce výkonný počítač se dvěma monitory pro přehledné snímání dat.



Obr. 2 Werth Scope-Check[®] MB

2.2.1 Optoelektronický senzor

Jak už jsem na začátku této bakalářské práce uvedl, předchůdcem optoelektronického senzoru byl mikroskop, ve kterém se za senzor dá považovat lidské oko. Při tomto měření ale vznikalo mnoho chyb jako např. paralaxa a chybné měření podmíněné logaritmickou citlivostí lidského oka. Z tohoto důvodu byl vyvinut nový moderní optoelektronický senzor. Tento senzor potřebuje pro dokonalé snímání výborné osvětlení a zoom optiku. To zajišťuje osvětlení MultiRing[®] (obr. 3) a zoom technika Werth zoom.



Obr. 3 MultiRing[®]

2.2.2 Laserový senzor

Laserový senzor je velmi důležitý stejně jako optoelektronický může totiž neinvazivně a rychle získávat informace z měřeného objektu. Společnost Werth vyvinula svůj vlastní senzor LLP (obr. 4), který pracuje triangulační metodou. Funkce triangulační metody spočívá v uložení laseru (laserová dioda), který je umístěn tak, aby svíral několik desítek stupňů s osou zobrazovací techniky, tím se vytvoří mezi laserovým vysílačem, měřeným bodem a senzorem trojúhelník z něhož se dá pomocí triangulace zjistit hledaná vzdálenost.



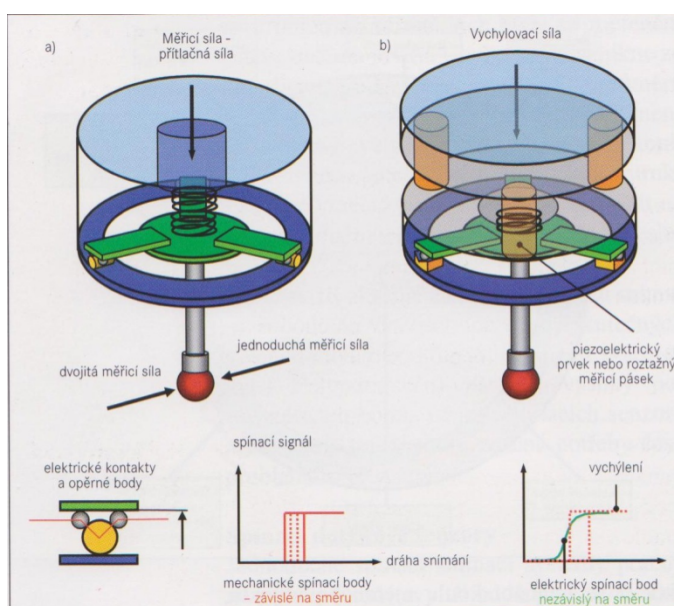
Obr. 4 senzor LLP

2.2.3 Měřicí hlava

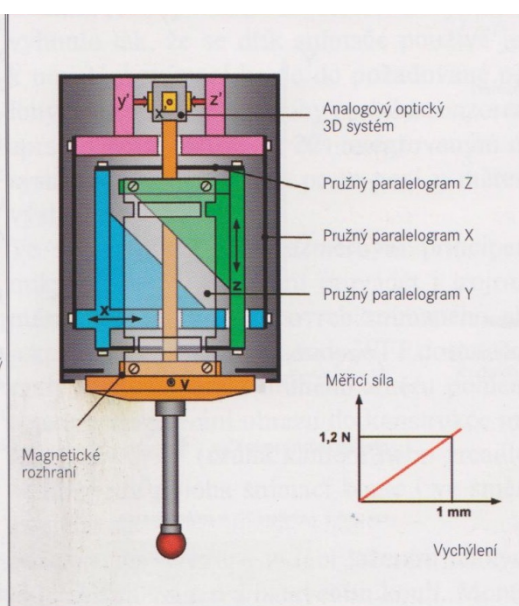
Měřicí hlava je neinvazivní dotkový senzor, jehož princip spočívá v mechanickém dotyku měřeného dílu. Z toho vyplývá, že tento senzor nedokáže snímat měkké materiály z důvodu prohnutí nebo deformace, i když síla, jakou působí, je v řádech milinewtonů. Snímače se rozlišují na dva druhy spínací a měřicí snímací. Měřicí snímače se vyrábí v desítkách variant, ale nejpoužívanější tvar je kulička na tuhém dříku s různými průměry kuličky a dříku. Kulička je vyrobena ze syntetického rubínu, který je v kapalném stavu dobře tvárný, což umožňuje dosáhnout odchylky tvaru v řádech desetin mikrometrů (někdy je kulička vyrobena z keramiky nebo zirkonu). Tuhý dřík je vyroben z oceli, případně z keramiky nebo uhlíkových vláken.

Rozdíl mezi spínacím a měřicím snímacím senzorem je, že spínací senzor má v sobě zabudované tři kuličkové spínače, které se při dotyku s měřeným objektem rozpojí a vytvoří spouštěcí signál k přečtení souřadnic na stroji. Měřený bod se vztahuje ke středu snímací koule. Nevýhoda spínacího senzoru je, že senzor musí být pro zjištění měřeného bodu v kontaktu s objektem a poté musí zase odjet pro zjištění dalšího bodu. Tím jsou ve vteřinách způsobeny nutné časové ztráty (obr. 5).

Měřicí snímací senzor je vybaven systémy pro měření dráhy, které při dotyku s objektem indukčně odměřuje souřadnice ve všech třech osách (princip viz obr. 6). U tohoto snímače není bezpodmínečně nutné senzor oddalovat od měřeného objektu, ale je tu možnost provádět snímání kontinuálně.



Obr. 5 spínací hlava



Obr.6 měřicí snímací hlava

2.3 ISO kótování

V roce 1946 byla založena mezinárodní organizace pro normalizaci ISO. V současnosti se činnost ISO týká všech oblastí technické normalizace a sdružuje národní normalizační společnosti stovky států. V České Republice se nejhojněji používá norma ČSN. Hlavním důvodem, proč se používá kótování ISO, je především tlak zákaznických firem mít v technické dokumentaci obsaženy úchylny tvaru a polohy, které nejsou v normě ČSN obsaženy. Úchylny tvaru a polohy jsou obsaženy v normě ISO 1101 (obr. 7). [2]

PRŮŘEZ	SPEKTRÁLNÍ	TOLERANČNÍ ZÓNA	ZÁKLADNÍ	SMĚR POKRYTOSTI MĚŘENÍ	TVAROVÉ ÚCHYLKY DIN ISO 1101				ÚCHYLKY ULOŽENÍ DIN ISO 1101				ÚCHYLKY HÁZENÍ DIN ISO 1101			
					↑	↔	↻	↻	↑	↔	↻	↻	↑	↔	↻	↻
	PŘÍMOST Toleranční zóna je ohraničena 2 rovnoběžnými přímkami ve vzdálenosti t. Každá povrchová linie tolerance musí být při libovolném měření součástí dvou vlnic.															
	KRUHOVITOST Toleranční zóna je ohraničena 2 soustřednými kružnicemi o vzdálenosti t. Okružní linie tolerance musí být při libovolném měření součástí dvou vlnic.															
	ROVNOST Toleranční zóna je ohraničena 2 rovnoběžnými rovnicemi o vzdálenosti t, jejíž osy odpovídají normálu tolerance plochy. Skutečná plocha měřícího dílu musí být při libovolném měření součástí dvou vlnic. Dodatečně je například označena hmotná odchylka.															
	VALOVITOST Toleranční zóna pro libovolný měřící díl je tvořena 2 kružnicemi s libovolným odstředivým t. Tolerance plochy tolerance musí být při libovolném měření součástí dvou vlnic. Dodatečně je například označena hmotná odchylka.															
	ROVNOST Toleranční zóna je ohraničena 2 rovnoběžnými přímkami o vzdálenosti t, které jsou rovnoběžné se vzájemnou osou.															
	KOLMIST Toleranční zóna je ohraničena 2 rovnoběžnými přímkami o vzdálenosti t, které jsou kolmé ke vzájemné ose. Tolerance plochy musí být při libovolném měření součástí dvou vlnic.															
	SKLON Toleranční zóna je ohraničena 2 rovnoběžnými přímkami o vzdálenosti t, které jsou rovnoběžné se vzájemnou osou. Tolerance plochy musí být při libovolném měření součástí dvou vlnic.															
	SOUOSOST Toleranční zóna je ohraničena dvěma kružnicemi o průměru t, jejichž osy jsou vzájemně rovnoběžné. Skutečná osa tolerance musí být při libovolném měření součástí dvou vlnic.															
	OBROVITOST Toleranční zóna je ohraničena 2 soustřednými kružnicemi o vzdálenosti t. Tolerance plochy musí být při libovolném měření součástí dvou vlnic.															
	CELKOVÉ OBROVITOST Toleranční zóna je ohraničena 2 soustřednými kružnicemi o vzdálenosti t. Okružní linie tolerance musí být při libovolném měření součástí dvou vlnic.															
	CELKOVÉ HÁZENÍ Toleranční zóna je ohraničena 2 rovnoběžnými přímkami o vzdálenosti t, které jsou rovnoběžné se vzájemnou osou. Tolerance plochy musí být při libovolném měření součástí dvou vlnic.															
	CELKOVÉ CELNÍ HÁZENÍ Toleranční zóna je ohraničena 2 rovnoběžnými přímkami o vzdálenosti t, které jsou rovnoběžné se vzájemnou osou. Tolerance plochy musí být při libovolném měření součástí dvou vlnic.															

Obr. 7 norma ISO 1101 – úchylny tvaru a polohy

2.4 Popis současného měření

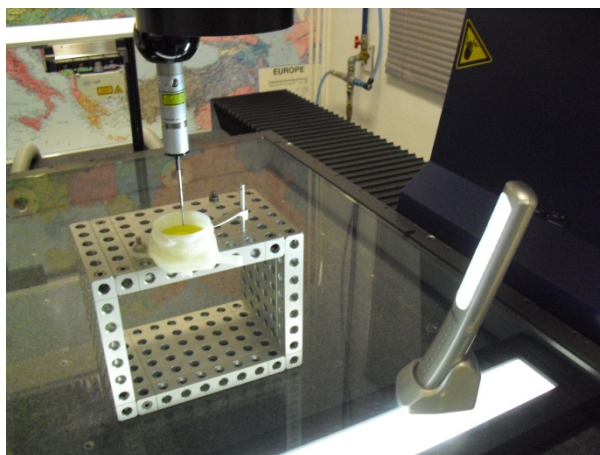
Měrová laboratoř, v níž se tato bakalářská práce zpracovávala, je součástí vstupní kontroly. Vstupní kontrola je důležitou součástí kvality výroby, zjišťuje kvalitu dodávaných dílů a porovnává správnost s technickou dokumentací dílů. V měřicí laboratoři se měření rozděluje na několik základních částí. První příklad je prvotní vzorkování, kde se jedná o celkové měření dílu (zde se jedná většinou o prototyp nebo upravený díl), měří se všechny kóty a porovnávají se s výkresem, je to nejdelší část měření.

Druhá část měření je úprava forem, razníků, atd. na základě požadavků konstrukce či dodavatele. Tato část měření spočívá v úpravě razníku nebo forem z důvodů špatně vyrobeného dílu podle technické dokumentace.

Třetí měření zahrnuje problémové díly, u nichž byly opakovaně zjištěny špatné rozměry při měření. Toto je například reklamace od zákazníka.

Čtvrtý příklad měření je dohledávání příčin problémové montáže. Zde se jedná o to když například do výroby přijde nový typ brzdového posilovače, u kterého při prvotním vzorkování všechny rozměry souhlasí s výkresovou dokumentací. I přesto může při montáži nastat určitý problém s rozměry dílů.

Po změření kóty je daný rozměr určen buď jako N.I.O. a nebo I.O.. Je-li rozměr označen jako I.O., je vše v pořádku. Pokud kóta nesouhlasí s rozměrem je označena jako N.I.O.. V laboratoři používají k měření různá měřicí zařízení. Mezi ně patří konvenční měřidla, drsnoměr, konturograf, profilprojektor, tvrdoměr, měřicí rameno FARO a samozřejmě multisenzorové stroje Werth.



Obr. 8 měření průměru hrdla nádržky z důvodu reklamace

2.5 Vlastní řešení

Společnost Continental v Jičíně se zabývá kompletací brzdových posilovačů, elektrických vakuových pump a v současné době bude společnost začínat s výrobou elektronických brzd. Tyto výrobky se skládají z několika desítek dílů dodávaných externími firmami. U dílů se musí provádět měření a kontrola předem daných rozměrů. Kdyby tyto rozměry nesouhlasily s výkresovou dokumentací, nebyla by možná další montáž a to by mělo za následek zdržení na výrobní lince a následnou finanční ztrátu. Z tohoto důvodu musí oddělení kvality kontrolovat tyto díly, aby předešlo následným problémům.

K dosažení co nejrychlejšího a nejpresnějšího měření je zapotřebí co nej kvalitnějších a nejmodernějších strojů. Proto společnost Continental v Jičíně zakoupila stroj Werth V-Ch a Werth S-Ch, na kterých se tato bakalářská práce bude odehrávat.



Obr. 9 Werth Video-Check[®]HA

Na těchto strojích se musí umístit měřený vzorek do stabilní a správně nasvětlené polohy, aby byl dobře viditelný pro snímací senzor a proběhlo dobré nasnímání povrchu vzorku. Dále se musí zvolit vhodný senzor pro nasnímání dílu, jelikož záleží na materiálu, velikosti, povrchu a mnoha dalších faktorech důležitých pro správné nasnímání. Po správném nasnímání povrchu jej stroj pomocí softwaru převede na množinu bodů (pokud se jedná o laserový nebo měřicí snímací senzor) a využije je buď pro přímé měření rozměrů vzorku, nebo pro tak zvané porovnávání s CAD daty. Tato metoda měření má několik výstupů. Grafický obraz ve 3D, na kterém je přímo vidět, jestli je díl vyroben správně nebo ne. Dalším

výstupem jsou numerické výsledky, které nejsou tak názorné, ale o to jsou přesnější. Pro návrh zrychlení měřicích postupů byla vybrána metoda porovnání současného měření s novými metodami. Měření spočívá v porovnávání CAD dat ve 2D a 3D metodou CAD – online a vytvářením programů na stroji. Obě tyto metody budou využity v této práci pro urychlení a zjednodušení měřicích postupů. Na deseti vybraných dílech, respektive důležitých měřicích uzlech, budou následně jednotlivé vzorky měřeny na stroji Werth V-Ch a Werth S-Ch. Tak zjistíme dobu měření a poté porovnáme hodnoty s předchozími metodami měření.

2.5.2 Programování komplexních postupů měření

Programování komplexních postupů je metoda, pomocí níž měřicí stroj sám naměří určené rozměry. Programování musí provádět proškolený operátor, jelikož ovládání stroje vyžaduje určité zkušenosti. Samotná tvorba programu probíhá následovně. Operátor najede snímačem k dílu, aby určil jeho souřadnice a stroj je mohl zaznamenat. Poté si souřadnice načte do programu a uloží. Stejný postup aplikuje i pro následné vyrovnaní a měření dílu. Je to obdoba klasického měření dílů. Pouze se veškeré operace, které stroj vykoná, zaznamenají do počítače a operátor je může následně po vytvoření programu kdykoli vyvolat a spustit jednoduše daný program. Vyvolat program lze několika způsoby. Klasickým spuštěním z počítače, nebo načtením čárového kódu daného dílu.

2.5.1 Porovnávání 2D a 3D modelu s naměřenými daty

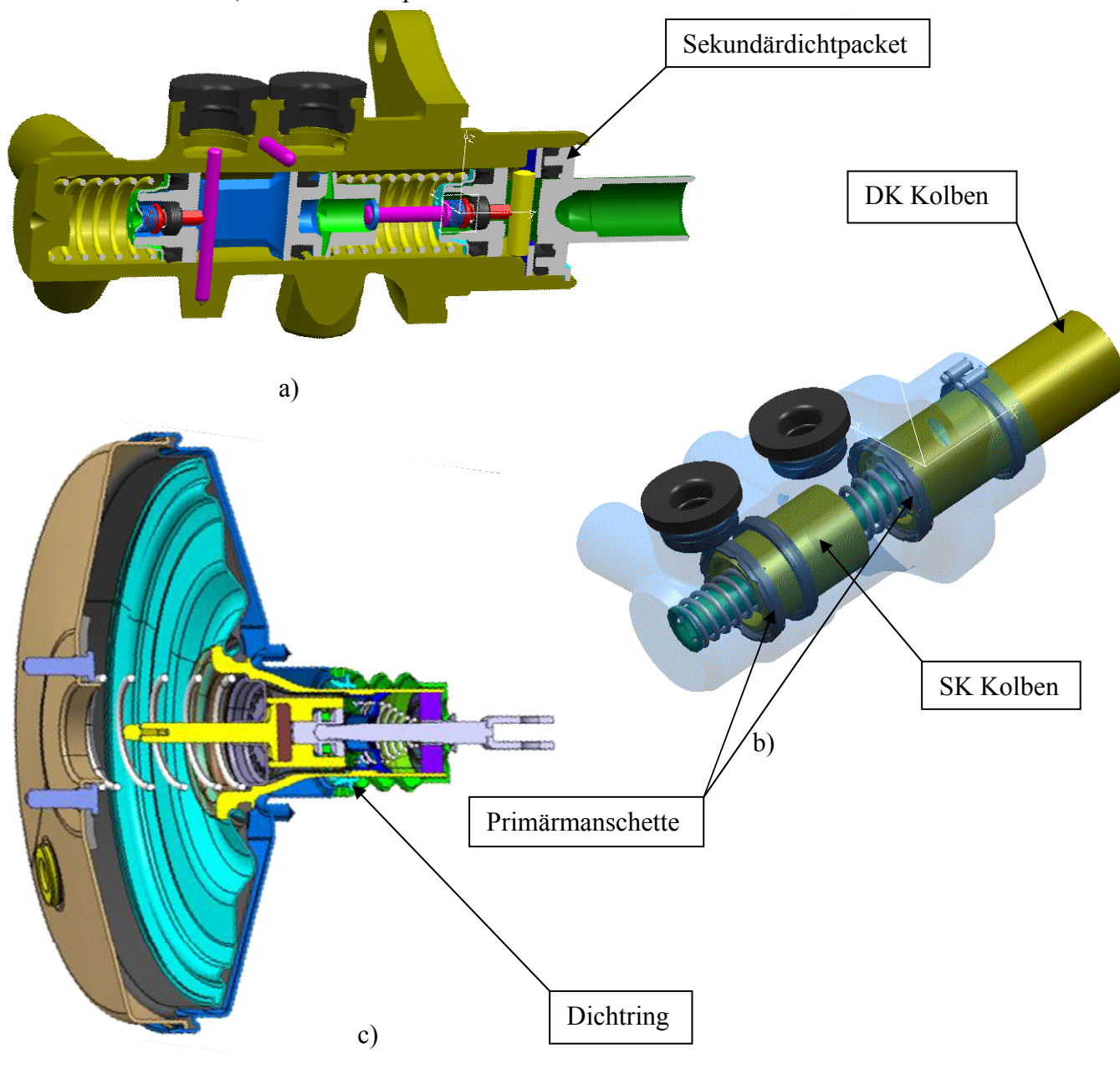
Tato metoda spočívá v naměření dílu daným senzorem, který může být dotykový, optický nebo laserový, a následné porovnání s 2D nebo 3D modelem podle toho, o jaký se jedná díl a jaké rozměry se měří. Rozlišují se dva postupy CAD – online a CAD – offline. Ve společnosti Continental v Jičíně je možné pouze porovnávání CAD – online. Do stroje se nahraje CAD model, u něhož se určí rozměry, které se mají změřit. Poté operátor navrhne postup měření (podobný komplexnímu programování) a stroj provede měření dílu. Po nasnímání dílu software porovná CAD model s nasnímanými daty a operátor je pouze vyhodnotí.

3. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

3.1 Vybrané díly

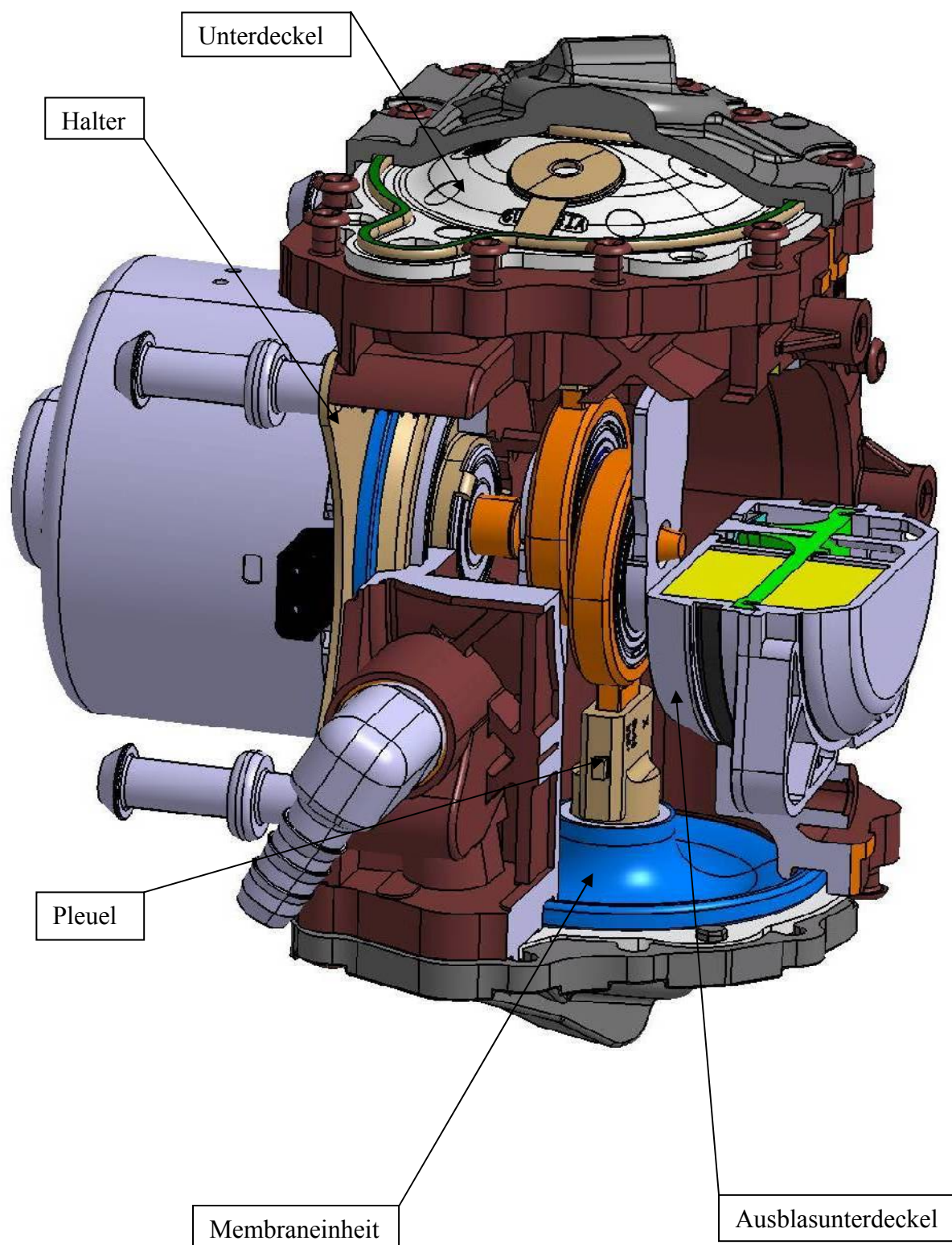
Pro měření bylo vybráno 5 dílců z brzdového posilovače a 5 dílců z elektrické vakuové pumpy.

Z brzdového posilovače jsem vybral díly DK Kolben, SK Kolben, Dichtring, Primärmanschette, Sekundärdichtpaket.



Obr. 10 a) řez THZ s 2 centrálními ventily, b) THZ – plunger generace 2, c) řez brzdového posilovače

Z elektrické vakuové pumpy jsem vybral díly Unterdeckel, Membraneinheit, Halter, Ausblasunterdeckel, Pleuel.

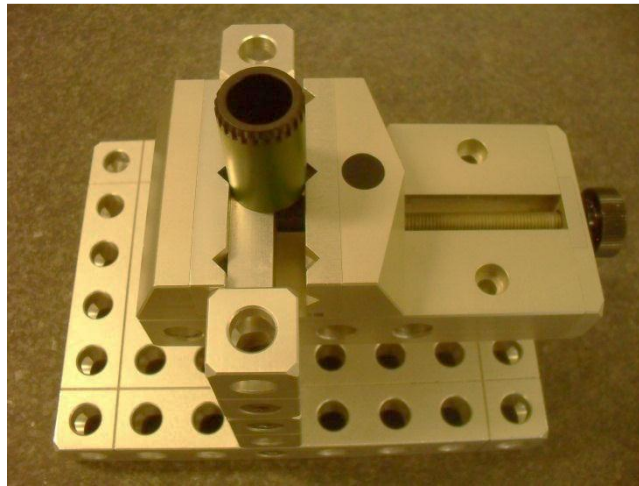


Obr. 11 řez modelem elektrické vakuové pumpy

3.2 Optimalizace měření vybraných dílů

3.2.1 SK Kolben (plastový)

Díl SK Kolben byl měřen na vnější průměr a válcovitost. Měření probíhalo na stroji Werth V-Ch dotykovou metodou pomocí měřicí hlavy (průměr kuličky 0,2 – délka 40 mm). K měření tohoto dílu byl vytvořen program na stroji Werth V-Ch pomocí softwaru WinWerth®. Na začátku měření byl díl umístěn do vyhovujícího upínacího přípravku, na kterém se docílilo stabilní polohy a rychlé výměny (obr. 12).

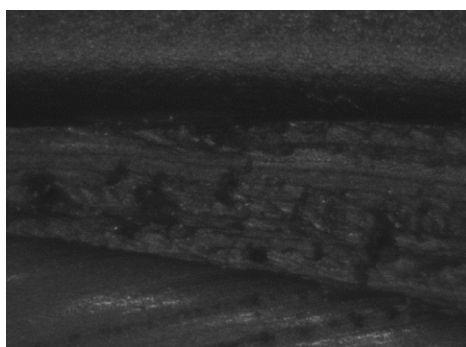


Obr. 12 upínací přípravek pro díl

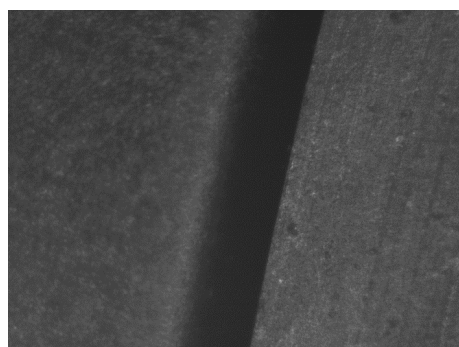
Pomocí snímací hlavy se určil na měřeném dílu počátek a základní rovina. Při měření průměru a válcovitosti se opatrně mechanicky pomocí joysticku najelo na okraj SK Kolbenu, aby stroj zaznamenal počáteční bod měření. Následně se snímač přesunul na druhou stranu dílu, a také se opatrně dotkl. Po nasnímání těchto dvou bodů se pomocí softwaru nahrál do programu podprogram pro měření kružnic. Dále bylo zapotřebí nahrát podprogram pro měření válcovitosti, k tomu bylo nutné zavést souřadnice, v nichž bude sonda měřit. Sonda tedy zaznamenala 15 bodů po 24° v jedné rovině, k měření válcovitosti se zavedlo 5 rovin rovnoměrně zavedených na dílu. Celkové vytváření programu trvalo cca 1 hodinu a následné měření jednotlivých dílů 10 minut. Měření jednoho dílu bez použití programu trvalo přibližně 20 minut. Na tomto přípravku se dají změřit téměř veškeré rozměry. Další program, který by podstatně urychlil a optimalizoval měření, by optickým senzorem pomocí autofokusu změřil vzdálenost drážek po obvodu dílu k referenční ploše zobrazené na výkresu (výkres 3.2.1).

3.2.2 Dichtring

Dichtring je těsnicí díl umístěný na brzdovém posilovači, přesněji na řídicí jednotce posilovače a slouží k oddělení čistého vnitřního prostoru od vnějšího prostředí. Na tomto díle jsou zakótovány důležité rozměry označeny písmenem „W“ a polohové tolerance. Tyto rozměry jsou zakótovány správně, ale vzhledem k tomu, že se jedná o pryžový díl, je jediná možnost jak jej změřit destrukční metoda, ta ale není úplně korektní kvůli nekvalitnímu řezu dílu (viz obr. 13, 14). Další možnost, jak tyto rozměry změřit je na nástroji, ale vzhledem k velké smrštivosti materiálu rovněž není korektní.

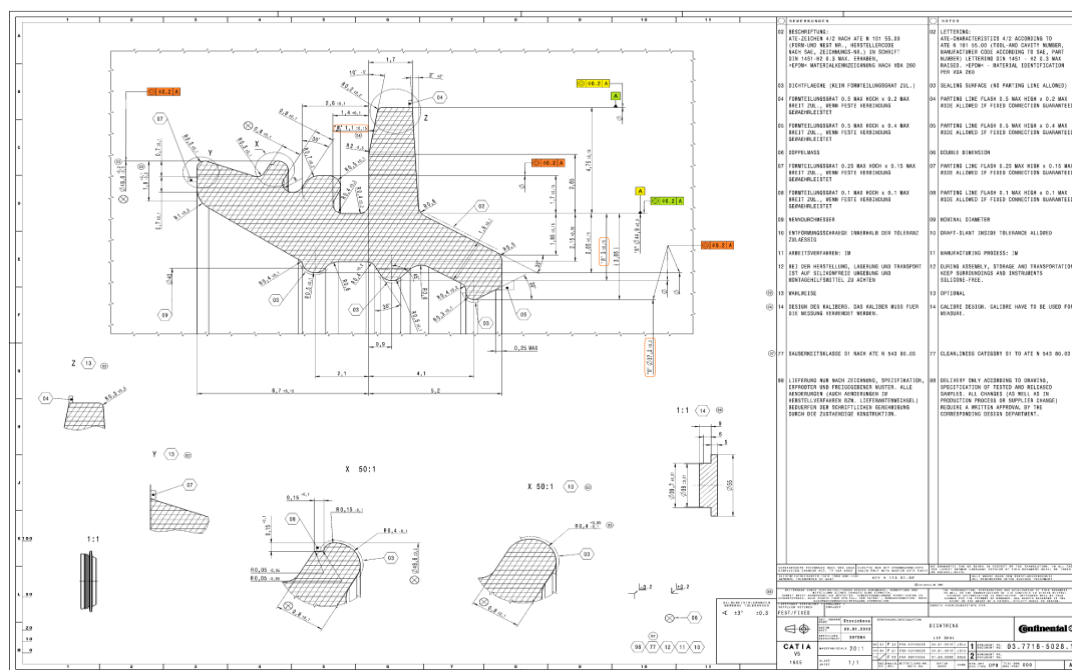


Obr. 13 špatný řez dílem



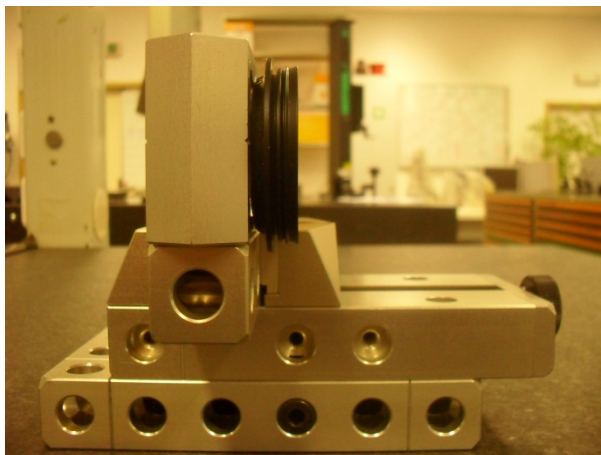
Obr. 14 dobrý řez dílem

Optimální možné změření všech rozměrů je překótovat polohové tolerance, přesněji změnit základní osu „A“ na jiný průměr. Jiný průměr je zakreslen na výkresu (obr. 15) a jedná se o vnější rozměr, který je viditelný ze dvou pozic (horizontální a vertikální).



Obr. 15 výkres dílu (žlutá – původní kóta, zelená – upravená kóta, oranžová – bez změny)

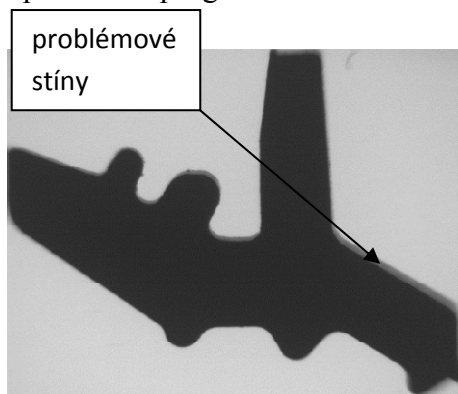
Díl byl upevněn pomocí oboustranné lepicí pásky na přípravek, díky němuž se dal díl otáčet do obou pozic (obr. 16).



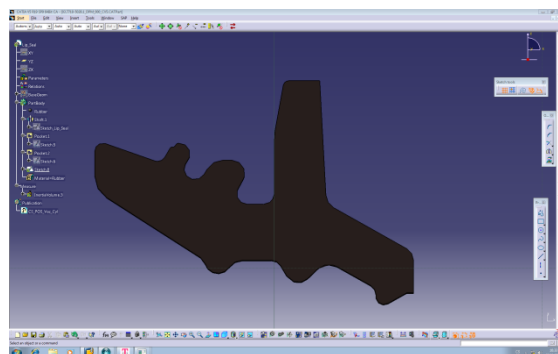
Obr. 16 uchycení dílu na přípravku

Díl je nutné měřit pomocí optického senzoru (bezdotyková metoda kvůli materiálu dílce) na jednom ze strojů Werth (doporučuji měřit na stroji Werth V-Ch vzhledem k vyšší přesnosti stroje), ale bez použití programu z důvodu nutnosti zaostřování důležitých průměrů. Díky změně základní osy je možné tuto osu zvolit jako referenční a po otočení dílu jí pomocí softwaru sjednotit a vůči ní porovnávat ostatní tolerované osy. Jednotlivé porovnávání je už záležitostí operátora. Měření jednoho dílu zabere přibližně 25 minut.

Další možností jak změřit především důležité rozměry označené písmenem „W“ a ostatní rozměry (kromě průměrů), je vytvoření programů pro porovnávání nasnímaných 2D dat s CAD modelem (obr. 18). Tuto možnost jsem zkoušel, ale vzhledem k nekvalitní možnosti vytvoření korektního řezu pro měření nelze program vytvořit z důvodu šikmého řezu dílem (viz obr. 17). Metoda by jednotlivé měření (i vzorkování) urychlila, ale dá se použít pouze bez programu.



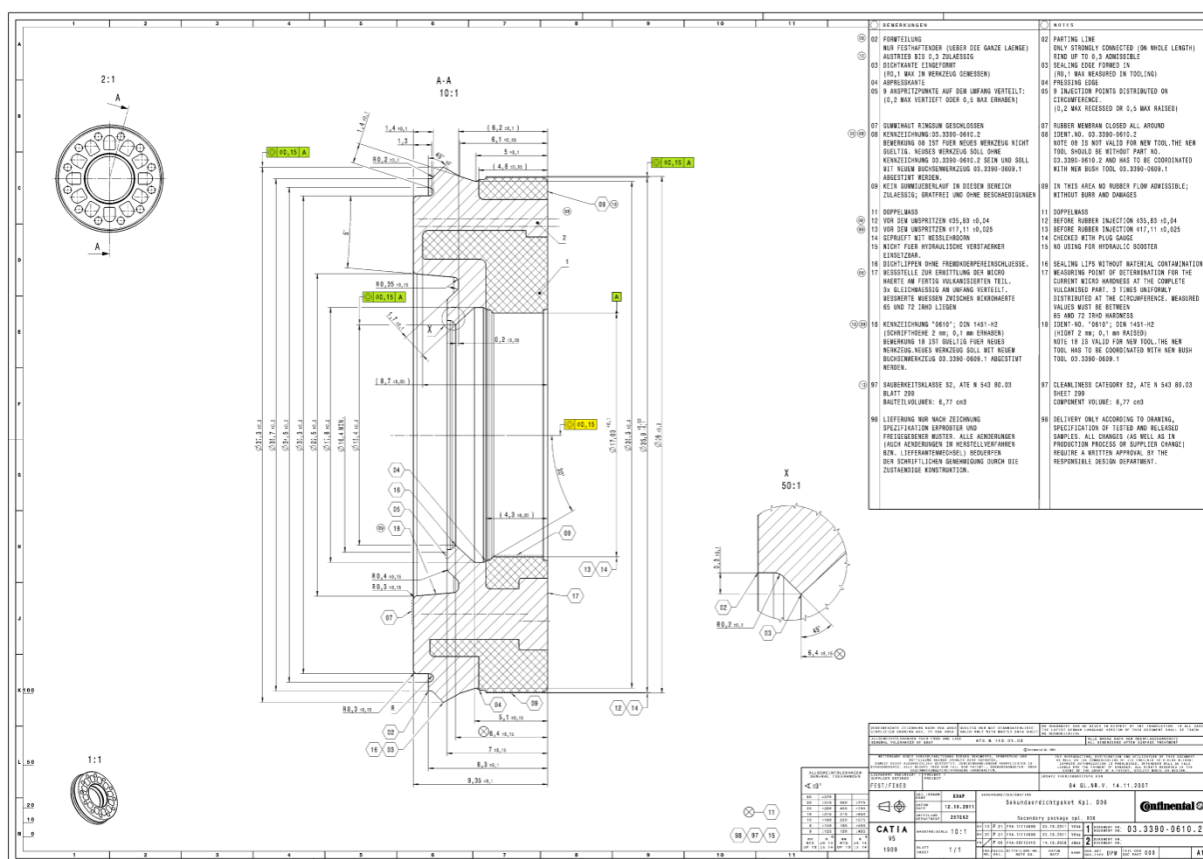
Obr. 17 nekvalitní řez dílem



Obr. 18 CAD řez modelem

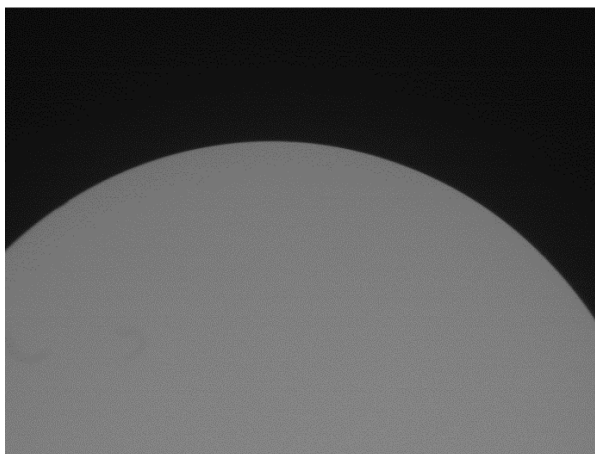
3.2.3 Sekundärdichtpaket

Tento díl zajišťuje oddělení vakuového prostoru v brzdovém posilovači od brzdové kapaliny v hlavním brzdovém válci. Je to sestava dvou dílů - plastového a pryžového. U dílu byl hlavní problém v jedné kótě dle normy ISO 1101 a to, že není podle výkresu změřitelná a ani její samotné zakreslení není v souladu s normou. Proto jsem navrhl překótování dílu, které je zakresleno na výkresu (obr. 19).

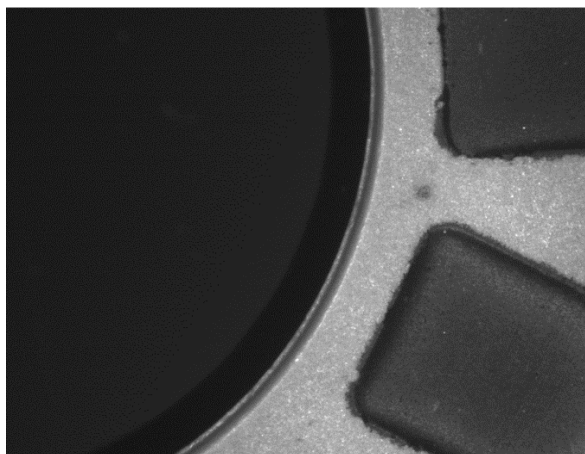


Obr. 19 upravený výkres dílu (žlutá – původní kóta, zelená – upravená kóta)

Po správném překótování jsem jako optimální metodu zvolil vytvoření programu, jenž by změřil čtyři důležité průměry na dílu pro porovnání souososti zakreslené na výkrese. Pro díl jsem univerzální přípravek nevytvářel, jelikož není potřeba vzhledem k měřeným rozměrům. Díl se pouze položí na sklo stroje Werth (optimální je stroj Werth V-Ch, ale může být použit i stroj Werth S-Ch) a pomocí optického senzoru se nasvícením shora, díky vloženému podprogramu (scanu), změří vnitřní a vnější průměr plastové části. Poté se díl nasvítí zdola, a změří se vnitřní a vnější průměr pryžové části (obr. 20, 21).



Obr. 20 vnitřní průměr (nasvíceno shora)

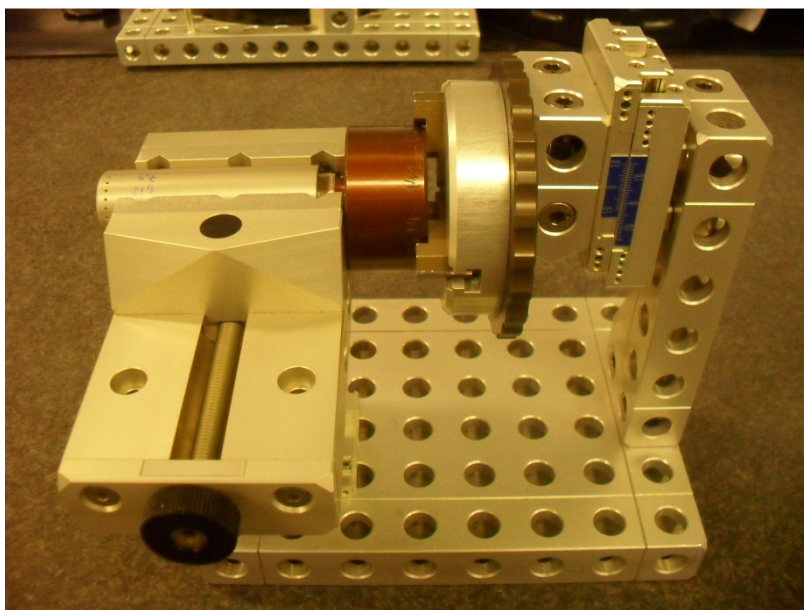


Obr. 21 vnitřní průměr (nasvíceno zdola)

Toto vykoná sám program, operátor pouze vyhodnotí a porovná naměřené rozměry, respektive jejich osově tolerance. Výměna je zaručena položením dílu do přibližně stejné pozice, jako byl díl předchozí. Vyrovnání zaručí nitkový kříž zobrazený na monitoru pomocí optického senzoru. Vytvoření programu zabere přibližně 2 hodiny a měření dílu zhruba 10 minut. Předchozí měření bez programu trvalo zhruba 20 minut.

3.2.4 DK Kolben (hliníkový)

Díl funguje jako hlavní tlačný píst uložený v brzdovém válci typu plunger. Vyrábí se buď hliníkový nebo plastový v jiném designovém provedení. Hliníkový DK Kolben je proměřován několika metodami pro zjištění důležitých kót a tvarových tolerancí, ale ta hlavní, kterou můžeme většinu rozměrů zjistit, je řez dílem a jeho zatavení do speciálního plastu, vybroušení a následné měření. Jeden rozměr je u tohoto dílu poměrně složité zjistit, jelikož je nevhodně zakótován vzhledem k možnostem změření tohoto rozměru a je obsažen hned několikrát na díle. Jedná se o otvory vyvrtané po obvodu dílu (výkres 3.2.4). Pro změření tohoto rozměru a tvarové tolerance polohy jsem jako neoptimálnější metodu zvolil vytvoření programu, jenž pomocí optického senzoru nasnímá rozměr po celém obvodu a to pouze pootáčením dílu. Ke správnému nasnímání dat jsem vytvořil univerzální přípravek (obr. 22) pro jednoduchou a rychlou výměnu, s možností pootáčení dílu.

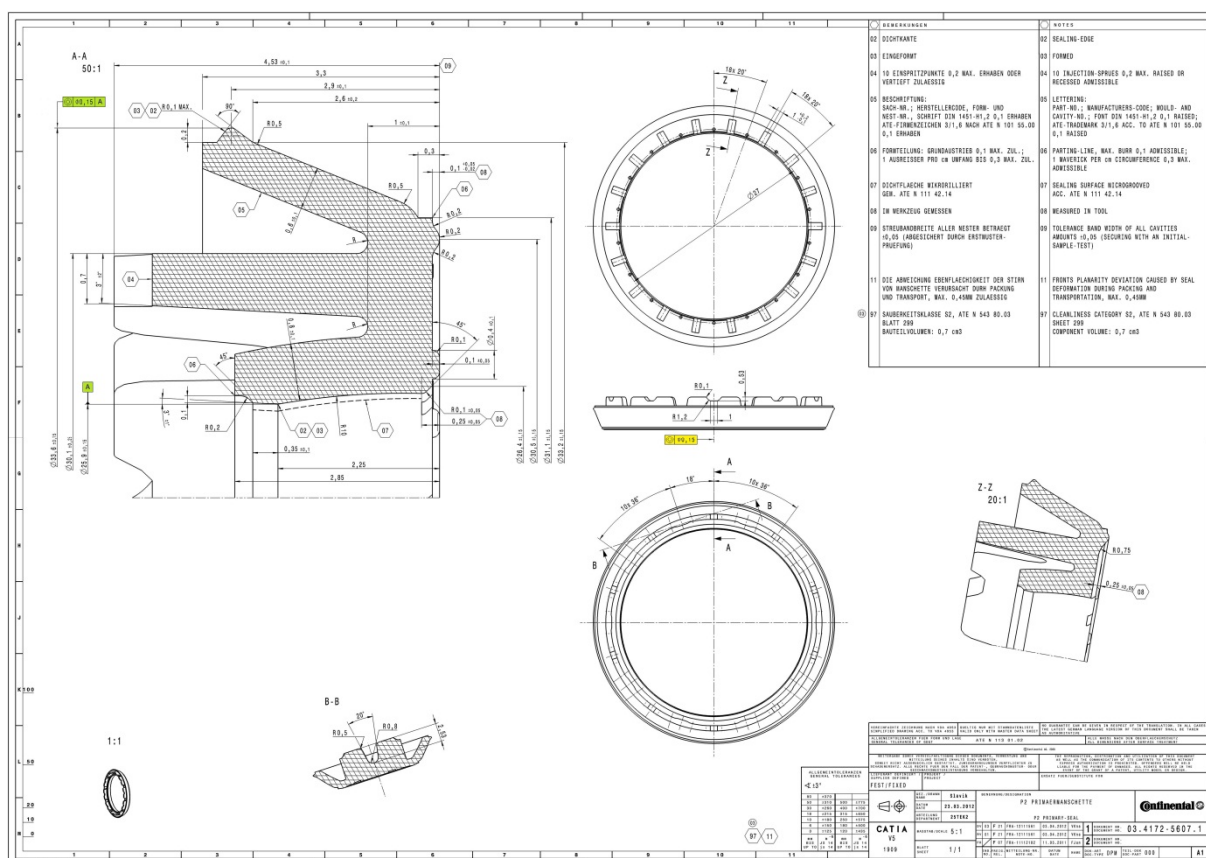


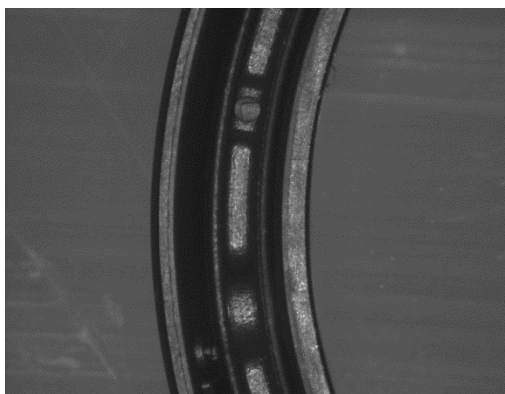
Obr. 22 univerzální přípravek

Program nejprve nasnímá optickým senzorem nejvyšší bod dosedacího trnu, a následně po nasazení a upevnění dílu rovněž optickým senzorem s využitím autofokusu nasnímá 3 otvory a vyhodnotí nejostřejší hranu otvoru. To se opakuje postupným mechanickým pootáčením přibližně o $77,5^\circ$, dokud nejsou všechny otvory naměřené. Po nasnímání všech děr operátor pouze posoudí rozměry a tolerance dle výkresu. Vytvoření programu zabere přibližně 3 hodiny a jednotlivé měření dílu zhruba 20 minut. Řez dílem, zalití do plastu, výbrus a změření rozměru zabere přibližně 1,5 hodiny.

3.2.5 Primärmanschette

Primární manžeta funguje jako těsnicí prvek zajišťující funkčnost posilovače. Manžeta je umístěna dvakrát v hlavním brzdovém válci a jejím středem se pohybuje DK a SK Kolben. U tohoto dílu byla také hlavním problémem chybně zakreslená kóta dle normy ISO 1101, přesněji sousosost. Proto jsem zde také navrhl překótování dílu dle normy pro možnost korektního měření, které je zakresleno na výkresu dílu (obr. 23).

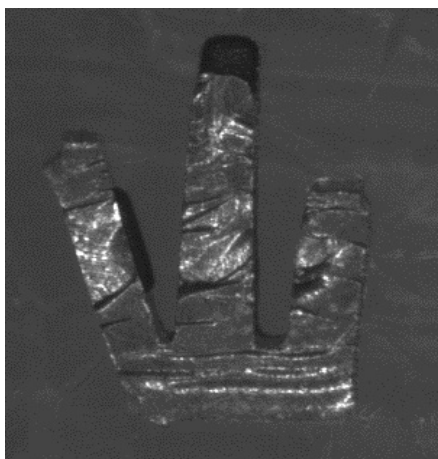




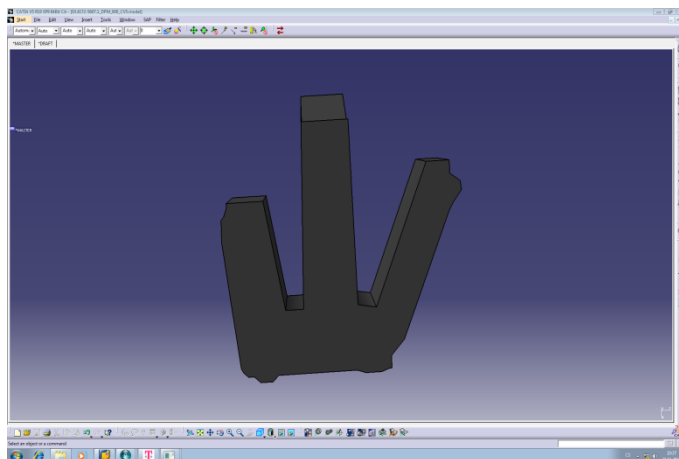
Obr. 24 díl zaměřený optickým senzorem

Vyrovnání dílu proběhlo pomocí nitkového kříže na monitoru stroje. Program po vyrovnání změří sám oba dva průměry pomocí vloženého podprogramu (scanu) a výměna probíhá tak, že na monitoru zůstane obrys předchozí cavity a díl se vloží do podobné polohy jako předchozí, poté se pouze dovyrovná nitkovým křížem na monitoru. Vytvoření programu zabralo přibližně 1 hodinu a měření jednoho dílu zhruba 5 minut. Předchozí metoda měření byla téměř totožná, ale bez použití programu a zabrala přibližně 10 minut.

Další možností optimalizace, jak změřit ostatní důležité rozměry dílu, kterou jsem chtěl vyzkoušet, je porovnávání naměřených dat s 2D modelem (obr. 25, 26).



Obr. 25 optikou nasnímaný řez dílu



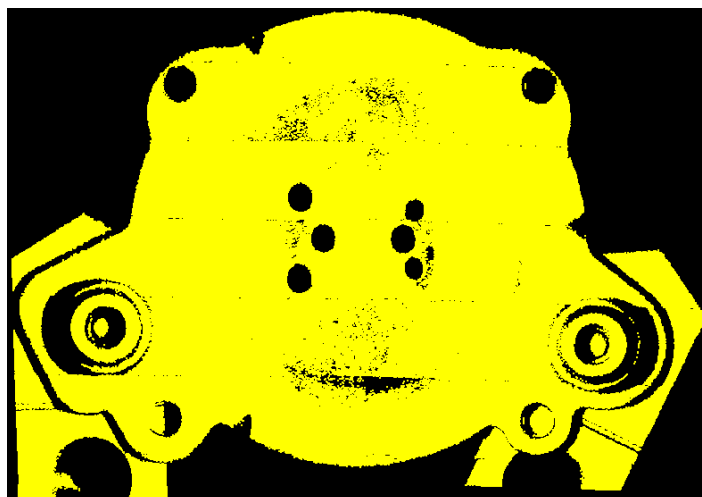
Obr. 26 CAD model dílu

A však byl zde stejný problém s vytvořením kvalitního řezu jako u dílu Dichtring, a proto je lepší měřit řez pouze mechanicky bez vytvořeného programu.

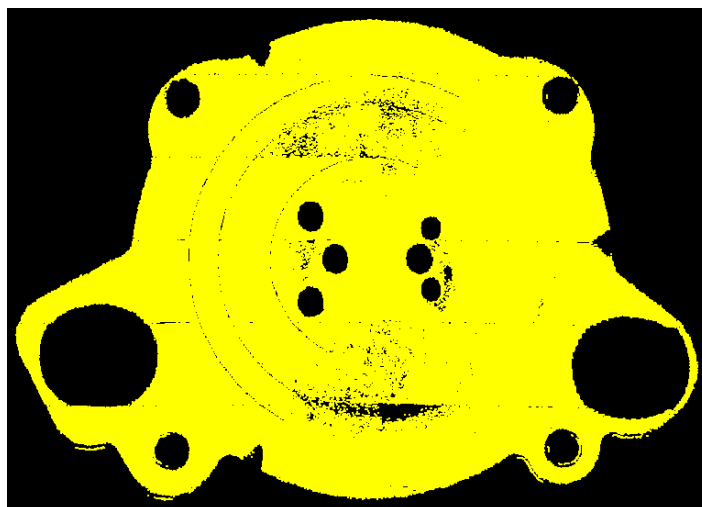
3.2.6 Unterdeckel

Vzhledem k určeným rozměrům a kótám jsem jako neoptimálnější metodu měření vybral porovnávání naměřených dat s CAD modelem a měření pomocí autofokusu.

Měření bylo prováděno na stroji Werth S-Ch. Díl se upnul do příslušného přípravku a k měření byl vytvořen podprogram, pomocí kterého se díl vyrovnal stejně jako model CAD pro nasnímání dané kulové plochy a rozměrů (viz. výkres 3.2.6.). Po vyrovnání dle výkresu do os X, Y a Z pomocí optického senzoru a dotykového senzoru, byl dotykový senzor vyměněn za sondu LLP a následně spuštěno skenování povrchu dílce. Pro správné nasnímání dat se díl skenoval ze dvou pozic z důvodu hluchých míst na povrchu dílu. Po ukončení skenování software převedl nasnímané body na obecnou plochu, kterou porovnal s nahraným CAD modelem, ale nejprve musel program oříznout nasnímané části přípravku (viz obr. 27 a 28).

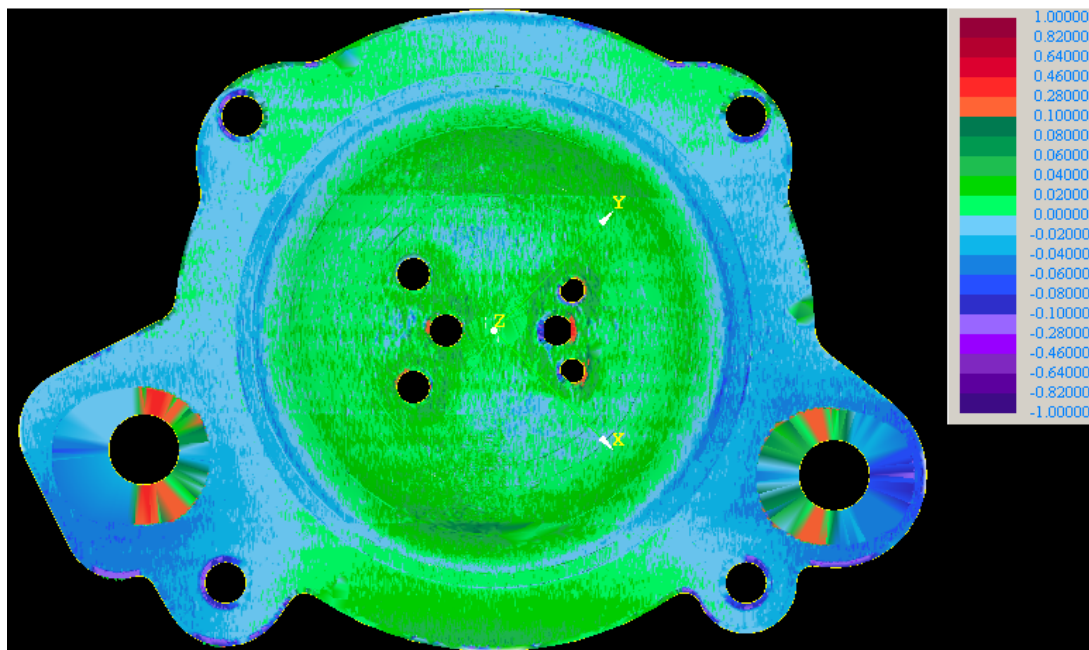


Obr. 27 naskenovaný díl s částmi přípravku



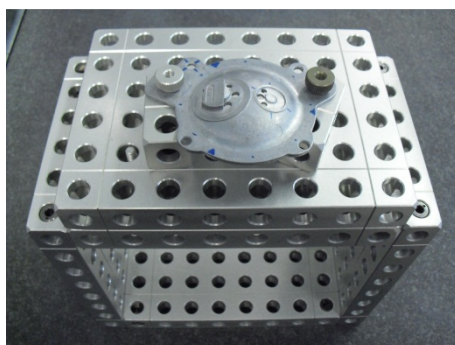
Obr. 28 naskenovaný díl již po oříznutí

Po oříznutí nasnímané plochy software porovnal data s CAD modelem (viz obr. 29), u něhož je zřetelně vidět, zda je plocha v toleranci nebo ne.



Obr. 29 porovnání CAD modelu s nasnímanými daty

Celkové vytvoření programu zabralo cca 6 hodin a měření jednoho dílu trvalo zhruba 30 minut. Dále se na tomto díle měřily dva rozměry podle výkresu (výkres 3.2.6.). Vyrovnání v tomto případě probíhalo stejně jako u porovnávání s CAD daty, pouze byl díl na přípravku otočen (obr. 30). Pomocí optického senzoru se ručně najelo v ose X do souřadnic -13,15 a 14,57, kde se pomocí optického autofokusu změřila vzdálenost od roviny A. Celé měření trvalo přibližně 15 minut a celý program trvalo vytvořit zhruba 2 hodiny.



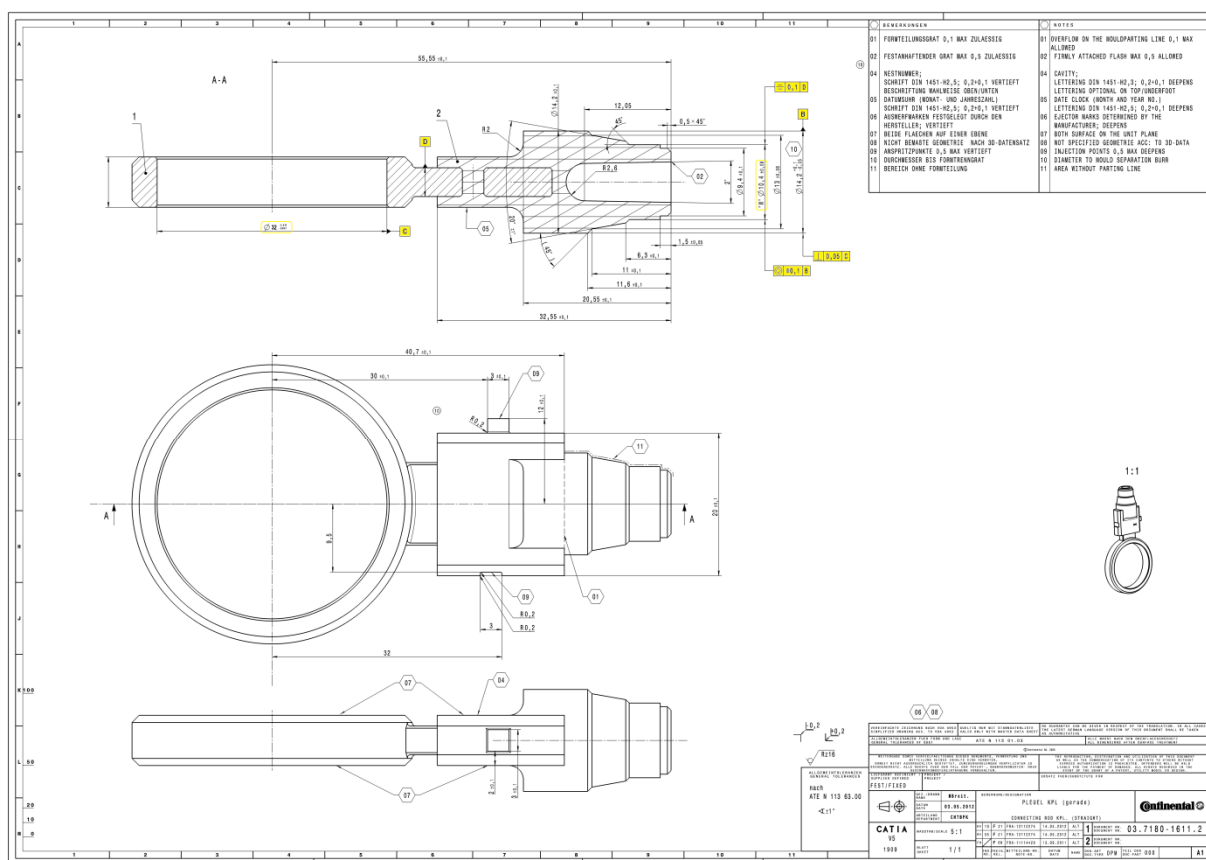
Obr. 30 upevnění dílu na přípravku

Na výkrese jsou zakótovány ještě pozice děr, pro které by vytvoření programu bylo rovněž neoptimálnější. Samotné vytvoření programu by zabralo přibližně 3 hodiny a provedlo by se dotykovým snímačem.

3.2.7 Pleuel

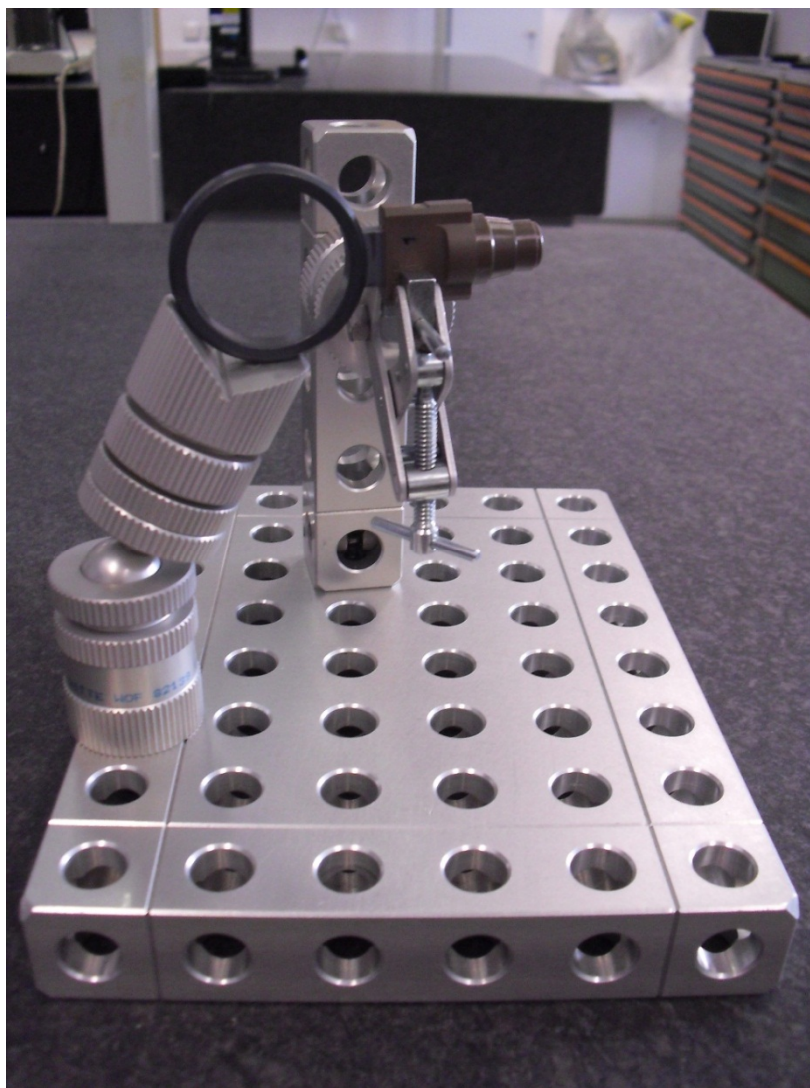
Tento díl je v elektrické vakuové pumpě obsažen dvakrát a funguje podobně jako ojnice v motoru typu boxer. Díl byl původně měřen v různých pozicích pro naměření důležitých konstrukčních rozměrů, úchylek tvaru a polohy dle normy ISO 1101. K tomu byl vždy jinak upevněn a pokaždé s jiným přípravkem pro nasnímáním hodnot na stroji.

Proto jsem pro tento díl vytvořil univerzální přípravek, na němž se dají změřit veškeré tvarové úchytky a důležité rozměry označené na výkresu (obr. 31).



Obr. 31 výkres dílu

Na tomto přípravku (obr. 32) se dá docílit přesné a rychlé výměny bez posunutí nebo vychýlení přípravku, což znamená, že díl bude při výměně vždy na stejném místě. U tohoto dílu je rovněž potřebné pro optimální a rychlé měření vytvořit program, který by označené rozměry nasnímal a operátor by je jednoduše změřil. Důležité u každého dílce je správné vyrovnaní, které se docílí na prvním dílu pomocí dotykové sondy najetím mechanicky pomocí joysticku na základnu „D“ z obou stran a určení středové roviny jako XZ.



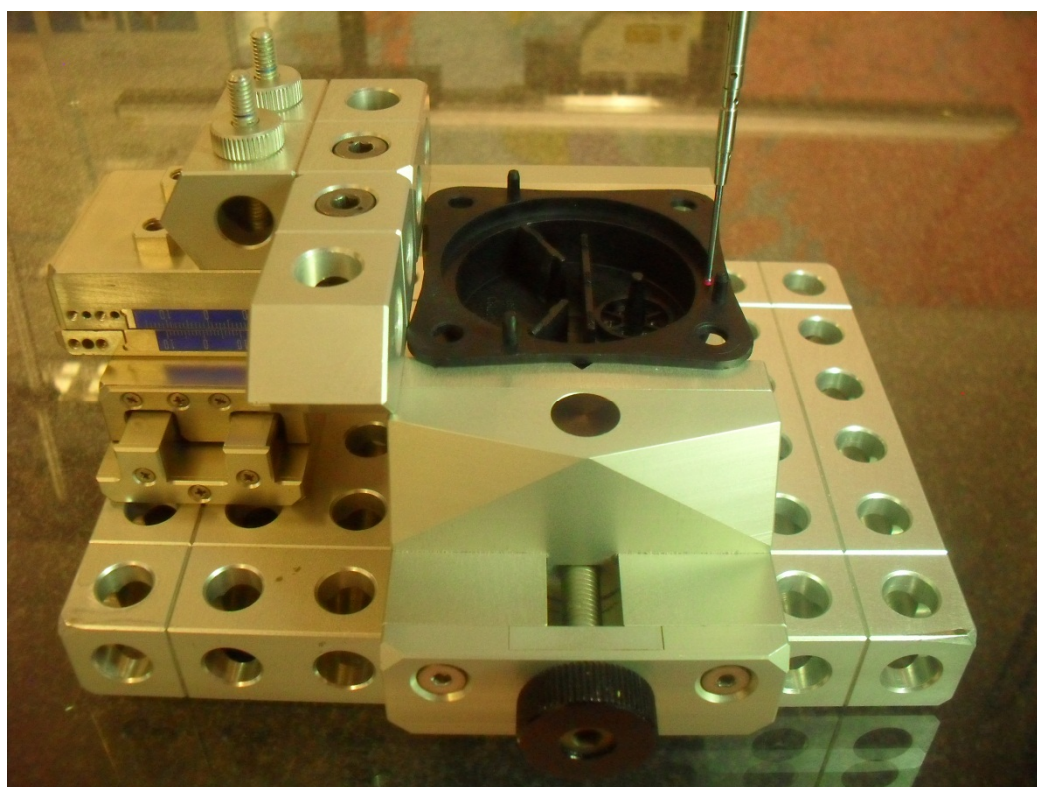
Obr. 32 univerzální přípravek s upevněným dílcem

Další vyrovnaní je na osu Y, označenou na výkrese jako základní osa „C“. Ta se získá pomocí softwarového pootočení sondy do horizontální polohy, ve které se dá nasnímat otvor, jehož osa je základní osa „C“ a z toho vyplývá, že díly se musí měřit na stroji Werth S-Ch. Další důležitá pozice sondy je rovněž horizontální poloha, ale pootočená o 90° do roviny XZ, v níž se dá nasnímat osa „B“ označená na průměru na výkrese, ta je pro vyrovnaní důležitá jako směrový vektor. V této pozici se změří i další průměr, také označený na výkrese, a po jeho nasnímání už operátor pouze vyhodnocuje rozměry a vyměňuje díly, jelikož při výměně není potřebné další vyrovnaní díky univerzálnímu přípravku. Samotné měření dílce zabere zhruba 20 minut a vytvoření programu cca 5 hodin. Předchozí měření trvalo vzhledem ke změnám pozic dílu na různých přípravcích asi 35 minut.

3.2.8 Ausblasunterdeckel

Tento díl se měřil na stroji Werth S-Ch dotykovým senzorem bez použití předem vytvořeného programu. Vyrovnání bylo provedeno podle výkresu na základny A, B a C (viz. výkres 3.2.8). Měřily se všechny pozice děr a pinů dle výkresu. Změření všech děr a pinů trvalo přibližně 35 minut.

Jako optimální metodu pro měření pozic děr a pinů jsem vybral vytvoření programu, jenž bude snímat opticky všechny pozice. Vyrovnání dílu je naprosto stejné jako v předchozím případě podle výkresu na základny A, B a C. Základna A se určila pomocí dotyku oťukáním dosedací plochy pouzdra v několika místech, jako další se určila základna B také pomocí dotykového senzoru objetím průměru, k němuž se vztahuje. Poslední základna C se určila rovněž dotykovým senzorem objetím pinu, jehož střed je totožný se základnou C, dále se určil souřadný systém do středu dílce, od kterého se odměřují teoretické pozice děr a pinů. Díl byl upevněn do vyhovujícího přípravku, na kterém bylo docíleno korektního měření a stabilní polohy s možností rychlé výměny (obr. 33).

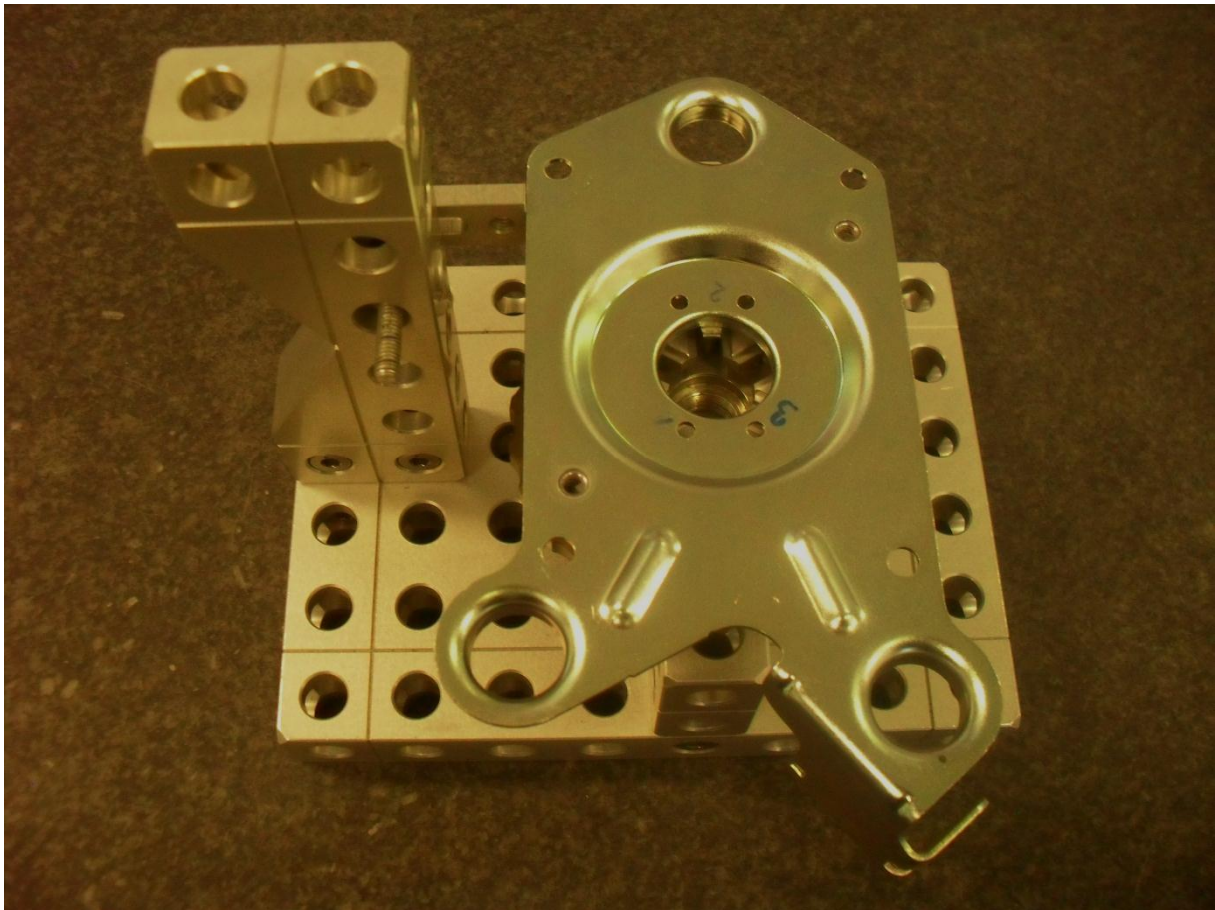


Obr. 33 upevněný díl na přípravku při měření dotykem (\varnothing 2 mm)

Následně byly pomocí optického senzoru nasnímány všechny opozicované díry a piny. Navržení programu zabralo přibližně 5 hodin a jednotlivé měření dílu trvalo zhruba 25 minut.

3.2.9 Halter

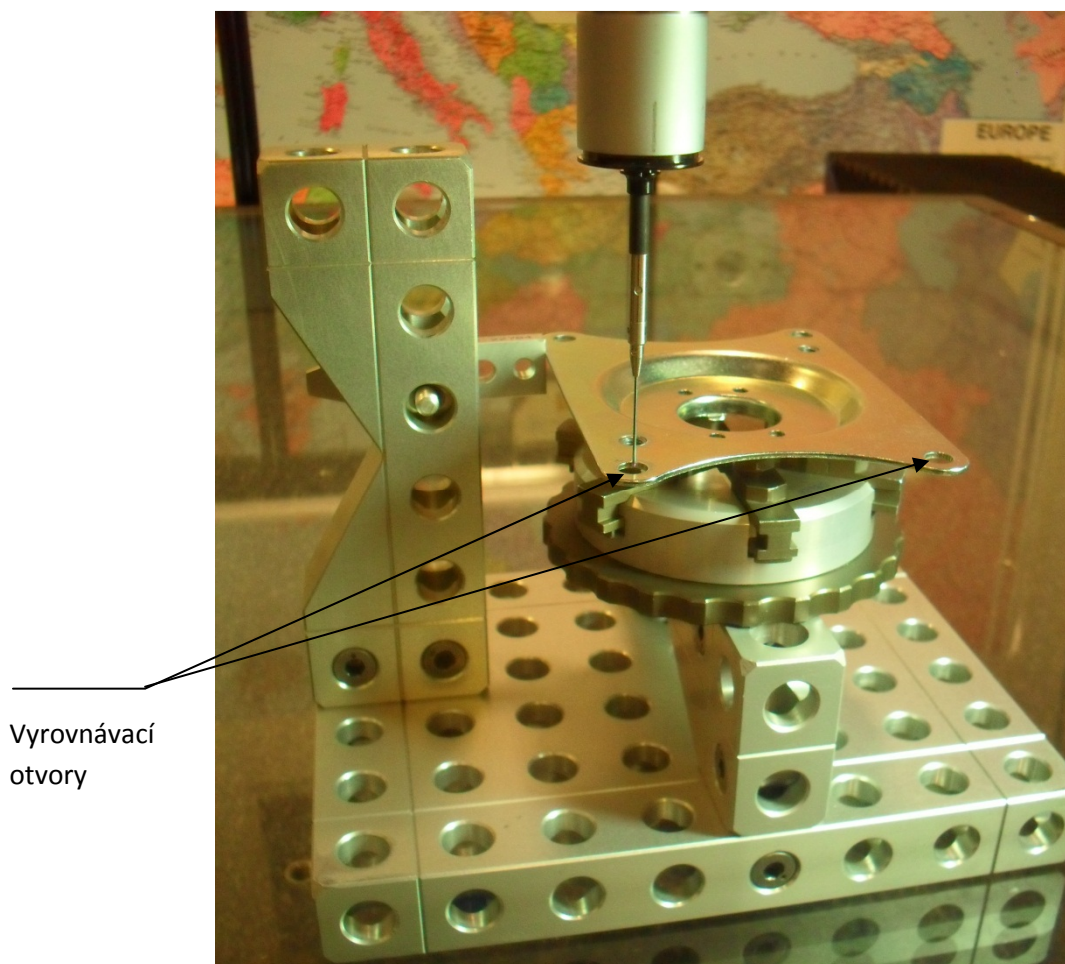
Tento díl funguje jako držák elektromotoru a tělesa elektrické vakuové pumpy, je to v podstatě spojovací díl. Vyrábí se v několika designových variacích, proto jsem vybral dvě, na kterých se bude moci provést optimalizace. Předchozí měření obou dílů probíhalo na stroji Werth S-Ch a na měřicím rameni FARO. Každý z těchto dílů byl měřen jednotlivě a na různých přípravcích s jiným vyrovnaním. Z tohoto důvodu byl vytvořen pro tyto dva díly pomocí alufixu univerzální přípravek, na kterém se docílilo rychlé výměny a korektního měření obou dílců (obr. 34). Jako neoptimálnější metodu měření, totožnou pro oba díly, jsem vybral vytvoření programu, který dokáže změřit otvory i jejich rozteče a vzdálenosti výstupků od dosedací plochy označené na výkresech (viz. výkres 3.2.9a a 3.2.9b), které jsou stejné u obou dílů.



Obr. 34 jeden z dílů upevněný na přípravku

Po domluvě s operátory by navržený program probíhal takto - nejdůležitější je správné vyrovnaní dílu do všech tří os. Optimální je manuální najetí dotykovou hlavou na středový otvor dílu a spuštění podprogramu (scanu), čímž se docílí vyrovnaní na osu Z.

Za druhé je vyrovnaní na dosedací kruhovou rovinu označenou na výkrese a její změření nejméně v 15 bodech dotykovým senzorem. Poslední osa pro vyrovnaní dílu se určí pomocí středů dvou otvorů označených na obrázku (obr. 35), jimiž se vytvoří symetrický bod pro tuto osu.



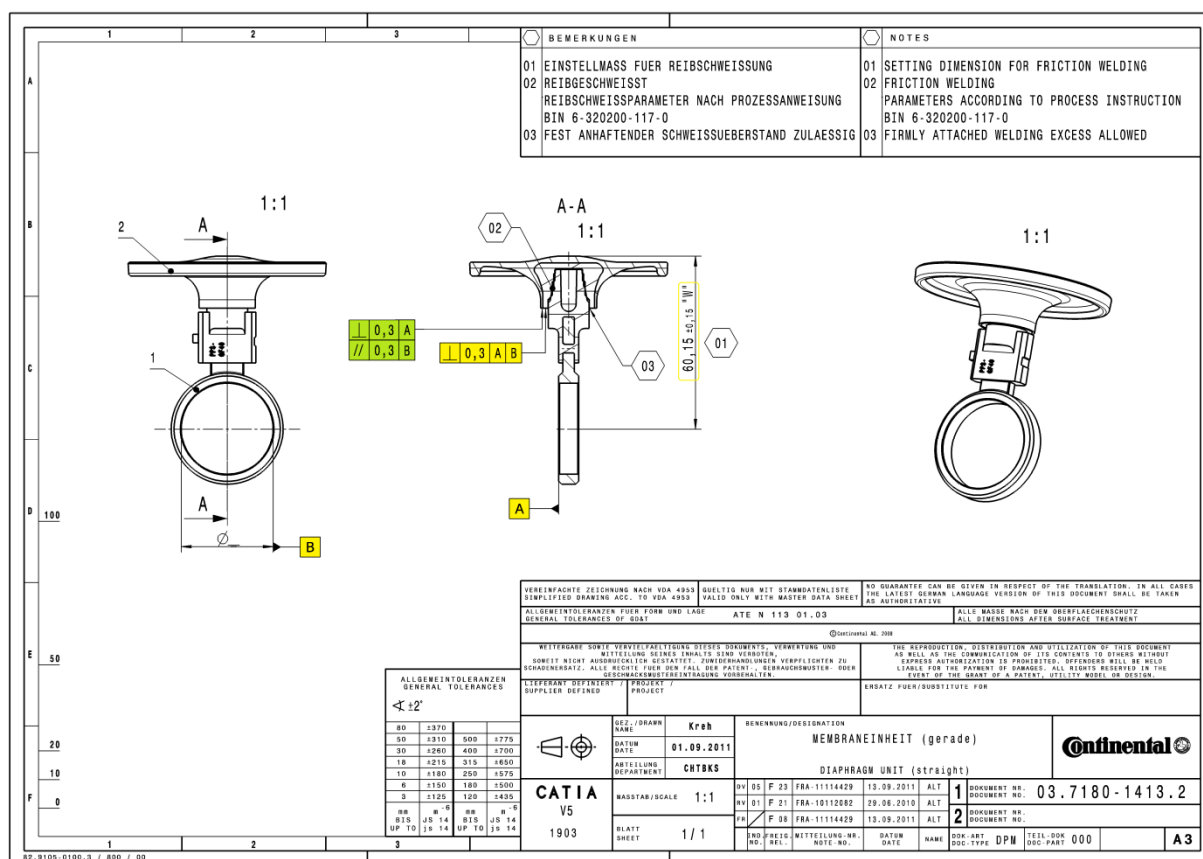
Obr. 35 vyrovnaní upevněného dílu na přípravku

Po správném vyrovnaní dojde k samotnému spuštění programu, který dokáže dotykem změřit všechny totožné otvory, rozteče a vzdálenosti výstupků od dosedací plochy označené na výkresech. To už určuje sám program, kam a jakou rychlostí se má stroj posunout a co má změřit. Krom dvou otvorů, ve kterých je vytvořen závit, dokáže stroj změřit vše pomocí dotykové hlavy, pouze pro dva zmiňované otvory se závitem použije optikou a z jejich středů určí jejich rozteč.

Vytvoření tohoto programu zabere přibližně 6 hodin a měření jednotlivých dílů zhruba 30 minut, což je značná úspora při měření více dílů vzhledem k tomu, že předešlé měření zabralo cca 1 hodinu a nebyl pro to vytvořen univerzální přípravek.

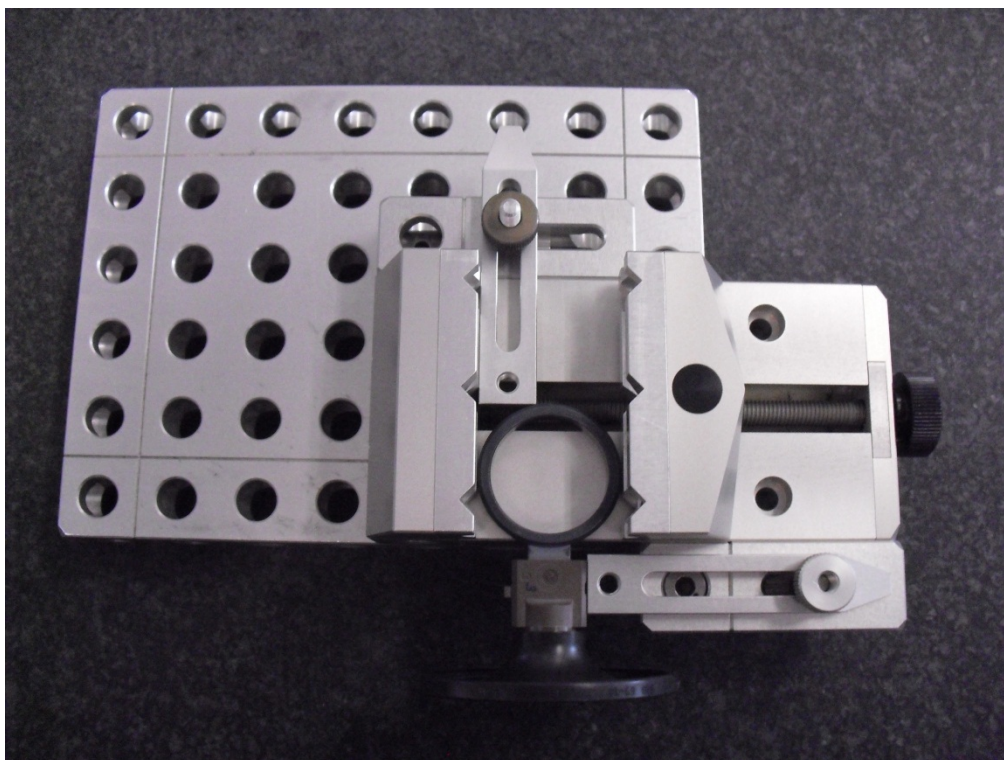
3.2.10 Membraneinheit

Tento díl je sestava dvou dílců Pleuel a Membrane, které v elektrické vakuové pumpě vytvářejí potřebný podtlak (vakuum) pro funkci brzdového posilovače v elektromobilech a hybridních automobilech. Na díle jsou dva důležité konstrukční rozměry zakreslené na výkresu. Z toho jeden je zakótován dle normy ISO 1101, ale po podrobném prozkoumání výkresu a konzultaci na katedře částí a mechanismů strojů jsem došel k názoru, že je tato kóta chybná, z toho důvodu nezměřitelná, proto jsem navrhl překótování, které je zobrazené na výkresu (obr. 36).



Obr. 36 výkres dílu (žluté kóty - původní, zelené kóty - upravené)

Po návrhu překótování jsem vytvořil univerzální přípravek, na kterém se docílí rychlé a přesné výměny dílů (obr. 37).



Obr. 37 upevněný díl na přípravku

Pro optimální měření dílu je potřeba vytvořit program na stroji Werth V-Ch, který by změřil důležité rozměry a tolerance. Vyrovnání dílu proběhne následovně, nejprve je třeba sejmutí roviny XY pomocí dotykového senzoru na základnu „A“ alespoň 10 body. Za druhé je potřeba pomocí senzoru nasnímat osu Z danou na výkresu zobrazenou základní osou „B“ pomocí otvoru pro ložisko. Nakonec je potřeba určit směrový vektor pomocí optiky sejmutím dvou bodů na ojnici v místech, kde je plastový držák. Poté se mezi těmito body určí vektor (směrová osa). Po vyrovnání se programem sejme rovina označená na výkresu, jako kolmá na základnu „B“ a optickým senzorem změří plošku na pryžové membráně, jenž je označena na výkresu. Po prvním vyrovnání stačí díly pouze měnit a kontrolovat jejich rozměry a tolerance. Vytvoření programu zabere přibližně 4 hodiny a měření jednotlivých dílu přibližně 15 minut. Předchozí měření bylo prováděno zvlášť a na dvou rozlišných přípravcích a celkové měření trvalo 30 minut.

4. ZÁVĚR

Jak jsem na začátku této práce uvedl, bylo vybráno 10 vzorků a to 5 z brzdového posilovače a 5 z elektrické vakuové pumpy s ohledem na možnosti měření vybraných dílů a jejich využití ve výrobě. Díly byly měřeny a optimalizovány několika způsoby, každý jednotlivě a každý trochu jinak, metodou vytváření programu komplexních postupů a porovnáváním CAD modelu s nasnímanými daty dílu. Rovněž jsem navrhl určitá zlepšení týkající se hlavně překótování dílů, u nichž se vyskytl problém s výkresovou dokumentací a následným měřením. Dále vytvoření univerzálních upínacích přípravků pomocí sady alufix, na nichž lze díly rychle a přesně měřit, ale hlavně pokaždé stejně, což je velkou výhodou vzhledem ke shodě s měřením dodavatele dílu. U každého dílu byl zhodnocen neoptimálnější postup měření s časovou náročností měření a zároveň, u některých vzorků, byl zhodnocen i čas předchozího měření.

Zhodnocení a popis výsledků jednotlivých dílů:

- 3.2.1 SK Kolben – u tohoto dílu byl vytvořen univerzální přípravek a program pro optimální měření vzhledem k tomu, že se jedná o normovaný díl. Tak stačí v programu pouze změnit měřený poloměr a lze tak měřit všechny plastové písty tohoto typu. Časová úspora je 10 minut na jednom dílu bez ohledu na čas pro tvorbu programu.
- 3.2.2 Dichtring – na dílu byl hlavní problém se změřením polohových tolerancí dle normy ISO 1101, protože dle výkresu je nebylo možné změřit. Proto jsem navrhl díl překótovat pro jednodušší měření. Dále jsem vytvořil univerzální přípravek, díky němuž je měření rozměrů možné. Také jsem zkusil porovnávat řez dílu s CAD modelem, ale to se vzhledem ke špatnému řezu vyplatí pouze pro mechanické měření bez programu.
- 3.2.3 Sekundärdichtpaket – zde byl největší problém v jedné kótě, a to rozpor s normou ISO 1101. Proto jsem navrhl překótování dle normy, aby byla tolerance měřitelná. Také jsem u tohoto dílu navrhl vytvoření programu s časovou úsporou 10 minut na jeden díl bez ohledu na čas tvorby programu.
- 3.2.4 DK Kolben – tento díl byl poměrně specifický, i když zde byl problém jen s jednou kótou, která byla těžce změřitelná. Proto jsem navrhl vytvoření programu pro měření na univerzálním přípravku. Tato metoda se vyplatí, jelikož díl je normovaný a vyrábí se v 6 rozměrech a není nutno program předělávat.

- 3.2.5 Primärmanschette – s tímto dílem byl hlavní problém v toleranci souososti a to takový, že se neshodovala s normou ISO 1101. Proto jsem navrhl rovněž překótování pro optimální změření dílu. Pro díl byl vytvořen program a časová úspora je 5 minut bez času potřebného na tvorbu programu.
- 3.2.6 Unterdeckel – zde bylo využito hlavně porovnávání CAD modelu s nasnímanými daty pomocí sondy LLP. Rovněž se dal použít dotykový senzor, ale laserový je rychlejší. Také bylo využito měření pomocí autofokusu pro obtížně změřitelné kóty
- 3.2.7 Pleuel – u tohoto dílu byl vytvořen program pro nasnímaní všech tolerancí dle normy ISO 1101 na univerzálním přípravku. Časová úspora 15 minut bez ohledu na čas potřebný pro tvorbu programu.
- 3.2.8 Ausblastunterdeckel – pro díl byl vytvořen program na změření děr a pinů. Na dílu jsem doporučil pro správné měření pozic pinů doplnit do výkresu vzdálenost od základny, ve které se má měřit.
- 3.2.9 Halter – pro díl jsem navrhl vytvoření programu na univerzálním přípravku, na který se dají upevnit všechny druhy tohoto dílu. Časová úspora je 30 minut na dílu bez ohledu na čas potřebný pro tvorbu programu.
- 3.2.10 Membraneinheit – u tohoto dílu jsem navrhl vytvoření programu na univerzálním přípravku. Dále zde byl problém s jednou kótou, proto jsem navrhl překótování z důvodu správného změření. Časová úspora je 15 minut bez ohledu na vytvoření programu.

Samozřejmě všechny díly byly vybrány z důvodu opakovatelnosti měření, ale některé byly zaměřeny na problém s ISO kótováním a některé na měření problémových částí dílů. Jako první hledisko optimalizace měření pro mě byla jednoduchost měření, dále opakovatelnost měření a možná časová úspora. Proto jsem po změření 10 vzorků došel k názoru, že u dílů brzdového posilovače je poměrně složité optimalizovat měření, jelikož jsou zde desítky i stovky designových možností jednotlivých dílů, ale u elektrické vakuové pumpy je to podstatně jednodušší. Dále bych navrhoval pro optimální měření určit funkci (nejlépe člověka), jehož náplní práce by bylo kontrolovat výkresovou dokumentaci všech dílů a porovnávat jí s měřicími metodami, které jsou dostupné a korektní ve společnosti Continental v Jičíně ve spolupráci s měrovou laboratoří. Nebo vytvoření vnitřní normy, v níž by bylo předepsáno, jak kótovat dle normy ISO 1101, aby bylo docíleno optimálních měřicích postupů pro jednotlivé díly, jelikož v mých možnostech není vzhledem k rozsahu práce tuto normu vytvořit.

Seznam použité literatury

- [1] CHRISTOPH, Ralf a Hans Joachim NEUMAN. *Multisenzorová souřadnicová měřicí technika - Měření rozměrů, tvaru, polohy a drsnosti – opticky, dotykově a rentgenovou tomografií*. Werth Messtechnik GmbH, Gießen, 2008.
- [2] DRAŠTÍK, František. *Technické kreslení podle mezinárodních norem I. – Pravidla tvorby výkresů ve strojírenství*. MONTANEX, spol. s r.o., Ostrava, 1994.
- [3] PUSTKA, Zdeněk. *Základy konstruování (Tvorba výkresové dokumentace)*. Technická univerzita v Liberci, Liberec, 2009. ISBN 978-80-7372-456-6.
- [4] PUSTKA, Zdeněk. *Základy konstruování (Přesnosti na technických výkresech)*. Technická univerzita v Liberci, Liberec, 2009. ISBN 978-80-7372-529-7.
- [5] KLETEČKA, Jaroslav a Petr FOŘT. *Technické kreslení*. Computer Press, a.s., Brno, 2007.
- [6] PLÍVA, Zdeněk a Jindra DRÁBKOVÁ. *METODIKA ZPRACOVÁNÍ DIPLOMOVÝCH, BAKALÁŘSKÝCH A VĚDECKÝCH PRACÍ NA FM TUL*. Technická univerzita v Liberci, Liberec, 2009. ISBN 978-80-7372-189-3.
- [7] EICHNER, Lutz. *Uživatelská příručka - WinWerth® od verze 7.31*. Werth Messtechnik GmbH, Gießen, 2011.

Poznámka:

Výkresy jsou umístěny na zadní straně desek bakalářské práce.

Další fotografie, přílohy a materiály jsou umístěny na přiloženém CD.